



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

PAULO ROGÉRIO FREITAS DE MATOS

REFINAMENTO EM MODELOS DE INTEGRAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO E A SEGURANÇA COM O APOIO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO NO CONTEXTO DA PANDEMIA DE COVID-19.

FORTALEZA

2023

PAULO ROGÉRIO FREITAS DE MATOS

REFINAMENTO EM MODELOS DE INTEGRAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO E A SEGURANÇA COM O
APOIO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO NO CONTEXTO DA
PANDEMIA DE COVID-19.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto.
Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Renata Mendes Luna.

FORTALEZA

2023

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

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

- M382r Matos, Paulo Rogério Freitas de.
Refinamento em modelos de integração entre a produção e a segurança com o apoio de tecnologias digitais : um estudo exploratório no contexto da pandemia de Covid-19. / Paulo Rogério Freitas de Matos. – 2023.
173 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. José de Paula Barros Neto.
Coorientação: Profa. Dra. Renata Mendes Luna.
1. planejamento e controle da produção . 2. planejamento e controle da segurança . 3. tecnologias digitais. I. Título.

PAULO ROGÉRIO FREITAS DE MATOS

REFINAMENTO EM MODELOS DE INTEGRAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO E A SEGURANÇA COM O
APOIO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO NO CONTEXTO DA
PANDEMIA DE COVID-19.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.
Área de concentração: Construção Civil.

Aprovada em: 17 / 07 / 2023.

BANCA EXAMINADORA:

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

Prof.^a Dr.^a Renata Mendes Luna (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dr.^a Michele Tereza Marques Carvalho
Universidade de Brasília (UNB)

Prof.^a Dr.^a Elvira Maria Vieira Lantelme
Atitus Educação (ATITUS)

A Deus.

A meus pais, familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

OBRIGADO: a Deus pelo dom da vida, principalmente diante do delicado período de pandemia da COVID-19; por me mostrar que o mais importante de tudo é “o abraço dado”, físico ou virtual, aos melhores entes e amigos, pois o amanhã pertence a Ele; por me mostrar que o mestrado não é uma competição com um prêmio ao final, mas sim um enorme aprendizado vital tanto em conhecimento como de trabalho em equipe; e mais ainda, por me dar serenidade, confiança e paciência para seguir cada etapa desses longos “24 meses” de trabalho.

OBRIGADO: aos meus heróis (pais), ANTÔNIO e ZULENE, pelo apoio incondicional em todos os sentidos (sentimental, moral, pagando uma conta aqui ou ali, me fazendo aquele almoço delicioso e caseiro, dentre vários outros exemplos) durante os momentos em que eu preciso me dedicar aos estudos.

OBRIGADO: ao meu irmão (gêmeo), PEDRO MATOS, por ser um exemplo de ser humano, profissional, irmão e pai, que me inspira desde o nosso primeiro suspiro de vida.

OBRIGADO: a cada um dos meus demais IRMÃOS por me mostrarem, aos seus modos, que a vida é uma caixinha de surpresas (com dádivas e riscos) e, por isso, devemos ser cautelosos e gratos sempre.

OBRIGADO: ao meu companheiro, HUGO, por estar comigo diariamente, apoiando e mostrando que, por mais difícil que seja a jornada, sempre existirá o dia de amanhã com outras lutas e, por isso, devemos dar o nosso melhor sempre, mas também “desligar as baterias” às vezes.

OBRIGADO: aos amigos que fiz nesse mestrado (MATHEUS, LARISSA, GABRIELA, REBECA, CAIO, PAULO E ANDRESSA), por estarem comigo neste “barco” e reforçarem que as qualidades de cada membro levam ao sucesso de uma equipe (sempre em meus pensamentos como “OS OITO”).

OBRIGADO: aos meus orientadores, BARROS NETO e RENATA LUNA, por aceitarem me acompanhar nesta jornada, acreditando e dando-me as lições necessárias para o desenvolvimento desse trabalho; pela paciência diante das minhas limitações e, também, pelos direcionamentos precisos.

OBRIGADO: aos amigos do grupo GERCON pelo enorme apoio e, em especial, ao ilustre pesquisador e amigo LUIS CÂNDIDO, que indiretamente se tornou uma das pessoas mais importantes para o meu aprendizado acadêmico durante o período do mestrado.

OBRIGADO: ao PEC-UFC, a CAPES e ao CNPq pelo incentivo à pesquisa e apoio material que foram de fundamental importância para a concretização dessa pesquisa; a todas as empresas parceiras nas quais esse estudo foi realizado, assim como aos seus representantes e colaboradores, cujas experiências foram essenciais para a construção desta pequena contribuição de conhecimento.

RESUMO

A construção civil é um setor que envolve muitos processos de trabalho e que variam de acordo com o contexto de seus projetos. Nas últimas décadas, os esforços para melhorar o desempenho dos empreendimentos deste setor levaram ao desenvolvimento de sistemas de Planejamento e Controle da Produção (PCP) e da Segurança (PCS), inclusive pautando a relação desafiadora de integração entre esses aspectos, com base nos princípios do *Last Planner System*. Mais recente, a indústria da construção, assim como outros setores econômicos, foi impactada com restrições de funcionamento devido à pandemia de COVID-19 (declarada em março/2020) e teve que se adaptar às novas medidas de saúde e segurança do trabalho (SST) para controle de propagação da doença em canteiros de obras. Com isso, algumas abordagens que podem ajudar no enfrentamento dessa crise sanitária e auxiliar na integração das ações de controle da produção e de segurança incluem o uso de tecnologias digitais, pensando-se em melhorias no controle da produção e da segurança. O objetivo desta pesquisa foi propor um refinamento em modelos de integração entre o PCP e a segurança com apoio de algumas tecnologias digitais. A abordagem metodológica empregada foi a qualitativa e, como a pesquisa foi desenvolvida durante o enfrentamento da COVID-19, uma fase diagnóstica foi necessária para auxiliar na compreensão dos impactos das medidas de prevenção à doença em canteiros de obras. A estratégia de pesquisa escolhida foi a *Design Science Research* e, para auxiliar no refinamento do modelo, foram realizados dois estudos empíricos em empresas construtoras de Fortaleza, Ceará, nos quais avaliou-se, por meio de entrevistas, observações e análise documental, as práticas de PCP e de PCS e realizou-se testes com as tecnologias: VANT e Câmera 360° no contexto da produção e da segurança. Como resultados, um modelo de PCS refinado apresenta relações mais detalhadas para a integração entre o PCP e o PCS, no qual as tecnologias empregadas trouxeram melhorias direcionadas ao controle da obra, ao monitoramento do progresso e da segurança, tornando-os mais colaborativo, uma vez que a produção e segurança devem ser trabalhados em conjunto. Além de complementar estudos recentes sobre o emprego de tecnologias digitais na construção civil, a pesquisa apresenta, ainda, elucidações sobre o emprego das medidas de enfrentamento à COVID-19, o que servirá de experiência para outras perturbações que possam afetar a construção civil no futuro.

Palavras chaves: planejamento e controle da produção (PCP); planejamento e controle da segurança (PCS); tecnologias digitais.

ABSTRACT

The construction industry is a sector that involves many work processes that vary according to the context of its projects. In recent decades, efforts to improve the performance of enterprises in this sector have led to the development of Production Planning and Control (PPC) and Safety Control Systems (SCS), including addressing the challenging integration relationship between these aspects based on the principles of the Last Planner System. More recently, the construction industry, like other economic sectors, has been impacted by operational restrictions due to the COVID-19 pandemic (declared in March/2020) and has had to adapt to new health and safety measures for disease control on construction sites. Consequently, some approaches that can help address this health crisis and assist in the integration of production and safety control actions include the use of digital technologies, with a focus on improving production and safety control. The objective of this research was to propose a refinement in the integration models between PPC and safety with the support of some digital technologies. The employed methodological approach was qualitative, and since the research was conducted during the COVID-19 pandemic, a diagnostic phase was necessary to aid in understanding the impacts of disease prevention measures on construction sites. The chosen research strategy was Design Science Research, and to assist in refining the model, two empirical studies were conducted in construction companies in Fortaleza, Ceará, in which practices of PPC and SCS were evaluated through interviews, observations, and documentary analysis, and tests were performed with technologies such as UAVs and 360° cameras in the context of production and safety. As a result, a refined SCS model presents more detailed relationships for the integration between PPC and SCS, in which the employed technologies brought improvements targeted at worksite control, progress monitoring, and safety, making them more collaborative, as production and safety must be worked on together. In addition to complementing recent studies on the use of digital technologies in the construction industry, the research also provides insights into the implementation of measures to address COVID-19, which will serve as experience for other disruptions that may affect the construction industry in the future.

Keywords: production planning and control (PPC); safety planning and control (SPC); digital technologies.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Etapas do Ciclo de Planejamento e Controle
- Figura 2 - Modelo de Planejamento e Controle da Segurança
- Figura 3 - Modelo de Planejamento e Controle da Segurança com melhorias
- Figura 4 - Exemplo de categorias dos recursos relacionados à segurança
- Figura 5 - Exemplo de planilha para análise do PPS
- Figura 6 - Matriz de parâmetros subjetivos para avaliação de riscos dos quase-acidentes
- Figura 7 - Modelo de Planejamento e Controle da Segurança com aplicação do VANT
- Figura 8 - Enquadramento metodológico da pesquisa
- Figura 9 - Delineamento da Pesquisa
- Figura 10 - Estrutura do Protocolo de Estudos Empíricos
- Figura 11 - Descrição técnica das tecnologias adotadas
- Figura 12 - Caracterização das Obras e Empresas
- Figura 13 - Exemplos de medidas de segurança adotadas
- Figura 14 - Medidas de segurança de acordo com categorias da análise de conteúdo
- Figura 15 - Exemplos de serviços em execução na obra da Empresa Alfa
- Figura 16 - Estrutura da equipe de PCP na obra da Empresa Alfa
- Figura 17 - Estrutura da equipe de segurança na obra da Empresa Alfa
- Figura 18 - Linha de Balanço empregada na obra da Empresa Alfa
- Figura 19 - Planilha modelo para Planejamento de Médio Prazo da Empresa Alfa
- Figura 20 - Exemplos de indicadores empregados no médio prazo da Empresa Alfa
- Figura 21 - Modelo da planilha de curto prazo utilizada na obra da Empresa Alfa
- Figura 22 - Análise de Causas empregada no curto prazo da Empresa Alfa
- Figura 23 - Registros de reuniões de curto prazo acompanhadas na Empresa Alfa
- Figura 24 - Modelo BIM do empreendimento da empresa Alfa
- Figura 25 - Modelo da planilha de curto prazo da segurança utilizada na Empresa Alfa
- Figura 26 - Unidade Padrão (apartamento) na obra da Empresa Alfa
- Figura 27 - Mapeamento de captura das imagens nas unidades da Empresa Alfa
- Figura 28 - Evolução do apartamento 2101 a partir das imagens da Câmera 360 graus
- Figura 29 - Visualização em 360 graus da cozinha do apartamento 2001

- Figura 30 - Exemplos de verificação da segurança com a Câmera 360 graus
- Figura 31 - Comparativo entre previsto e realizado (BIM x Câmera 360)
- Figura 32 - Exemplos de serviços em execução na obra da Empresa Beta
- Figura 33 - Modelos BIM do empreendimento da empresa Beta
- Figura 34 - Exemplo de informativos de segurança na obra da Empresa Beta
- Figura 35 - Unidade Padrão (apartamento) na obra da Empresa Beta
- Figura 36 - Mapeamento de captura das imagens nas unidades da Empresa Beta
- Figura 37 - Evolução do apartamento 213 a partir das imagens da Câmera 360 graus
- Figura 38 - Acompanhamento da obra a partir de imagens do VANT
- Figura 39 – Evolução mensal dos serviços na cobertura do Bloco 03
- Figura 40 - Exemplos de verificação da produção e da segurança com o VANT
- Figura 41 – Modelo de integração entre o PCP e PCS refinado
- Figura 42 – Panorama geral do estudo apresentado no Grupo Focal

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Tecnologias Digitais aplicadas à gestão da segurança
- Tabela 2 - Principais medidas de segurança (Diretores)
- Tabela 3 - Principais dificuldades: Diretores x Gestão da obra (Gestores e Técnicos de Segurança)
- Tabela 4 - Alterações no *layout* dos canteiros para garantir o distanciamento
- Tabela 5 - Atividades críticas para o distanciamento social e atividades impactadas
- Tabela 6 - Causas da redução do ritmo da produção
- Tabela 7 - Redução da produtividade (Gestores de Obra)
- Tabela 8 - Mudanças no processo de planejamento (gestores de obra)
- Tabela 9 - Outras tecnologias adotadas ou a implementar
- Tabela 10 - Sugestões para redução do impacto das medidas de proteção (Diretores)
- Tabela 11 - Percepção sobre as medidas de higiene e segurança na construção (Diretores)

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1 - Categorização das medidas de prevenção
- Quadro 2 - Princípios para um PCP eficaz
- Quadro 3 - Hierarquização do planeamento no LPS e seus componentes
- Quadro 4 - Normas regulamentadoras para Saúde e Segurança do Trabalho
- Quadro 5 - Conceitos básicos do contexto de Segurança e saúde do Trabalho
- Quadro 6 - Definição dos Componentes do PCS
- Quadro 7 - Caracterização das Empresas selecionadas
- Quadro 8 - Caracterização dos Roteiros de Entrevista do Diagnóstico
- Quadro 9 - Caracterização das obras por empresas participantes
- Quadro 10 - Perfil dos entrevistados por empresa
- Quadro 11 - Caracterização das empresas participantes
- Quadro 12 - Caracterização dos Roteiros sobre PCP e PCS e Entrevistados
- Quadro 13 - Caracterização dos Ambientes de Pesquisa e Quantificação de Imagens (Alfa)
- Quadro 14 - Caracterização dos ambientes de pesquisa e quantificação de imagens (Beta)
- Quadro 15 - Roteiro de Aplicação do Grupo Focal
- Quadro 16 - Questões prementes, dificuldades e oportunidades para a melhoria da gestão das obras no contexto da pandemia
- Quadro 17 – Análise crítica dos modelos de PCS
- Quadro 18 – Análise crítica do modelo de PCS com aplicação do VANT
- Quadro 19 – Aplicação das tecnologias no PCS refinado

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- PCP - Planejamento e Controle da Produção
- LPS - *Last Planner System* ®
- PCS - Planejamento e Controle da Segurança
- SST - Saúde e Segurança do Trabalho
- PCMAT - Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria de Construção
- PCMSO - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
- EPI - Equipamentos de Proteção Individual
- PPC - Percentual de Planejamento Concluído
- PPS - Percentual de Pacotes Seguros
- VANT - Veículo Aéreo não Tripulado
- BIM - *Building Information Modeling*
- HIS - Habitação de Interesse Social
- LGPD - Lei Geral de Proteção de Dados
- DSR - *Design Science Research*
- LB - Linha de Balanço
- PMP - Planejamento de Médio Prazo
- IRR - Índice de Remoção de Restrições
- IRA - Índice de Realização de Atividades

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Contexto e justificativa	17
1.2	Problema de pesquisa	18
1.3	Questão de pesquisa	21
1.4	Objetivos	21
1.4.1	<i>Objetivo geral</i>	21
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i>	21
1.5	Delimitações da pesquisa.....	22
2	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO E DA SEGURANÇA	23
2.1	Implicações da COVID-19 na construção civil	23
2.2	Planejamento e Controle da Produção e o <i>Last Planner System</i> ®	26
2.3	Planejamento e Controle da Segurança na construção civil.....	29
2.3.1	<i>A estruturação do PCS (integração da segurança à produção)</i>	33
2.4	Tecnologias digitais em apoio à produção e à segurança	39
2.5	Considerações finais do capítulo	44
3	METÓDO DE PESQUISA	45
3.1	Enquadramento metodológico da pesquisa	45
3.1.1	Classificação da pesquisa e estratégia adotada	45
3.2	Delineamento da pesquisa	49
3.2.1	<i>Fundamentação e compreensão</i>	51
3.2.2	<i>Estudos empíricos e desenvolvimento do artefato</i>	52
3.2.2.1	<i>Preparação dos Estudos Empíricos</i>	52
3.2.2.2	<i>Desenvolvimento dos Estudos Empíricos e da solução</i>	58
3.2.2.3	<i>Apresentação e Avaliação da solução</i>	65
3.2.3	<i>Consolidação dos resultados e aprendizagem</i>	66
4	DIAGNÓSTICO DAS MEDIDAS DE PREVENÇÃO À COVID-19 EM UMA AMOSTRA DE OBRAS	67
4.1	Principais medidas de segurança adotadas e dificuldades percebidas.....	67
4.2	Mudanças nos layouts de canteiros com relação às medidas	71
4.3	Ações de conscientização para o engajamento dos operários e monitoramento dos protocolos	72
4.4	Impactos na produção, no planejamento e controle e no fornecimento de materiais	73
4.5	Tecnologias adotadas ou a implementar	75

4.6	Sugestões para redução do impacto causado por medidas de proteção	75
4.7	Percepção geral sobre as medidas de higiene e segurança na construção	76
4.8	Síntese das questões prementes, dificuldades e oportunidades observadas	77
4.9	Considerações finais acerca do diagnóstico	78
5	DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS EMPÍRICOS	80
5.1	Contexto do Estudo Empíricos 01: Empresa Alfa	80
5.1.1	<i>Análise das práticas de PCP e PCS adotadas na obra da Empresa Alfa.....</i>	<i>83</i>
5.1.2	<i>Aplicação de tecnologias digitais no contexto de PCP e PCS da Empresa Alfa</i>	<i>96</i>
5.1.3	<i>Análise crítica e principais contribuições do Estudo 01.....</i>	<i>104</i>
5.2	Contexto do Estudo Empírico 02: Empresa Beta	107
5.2.1	<i>Análise das práticas de PCP e PCS adotadas na Empresa Beta</i>	<i>109</i>
5.2.2	<i>Aplicação de tecnologias digitais no contexto de PCP e PCS da Empresa Beta</i>	<i>115</i>
5.2.3	<i>Análise crítica e principais contribuições do Estudo 02.....</i>	<i>122</i>
5.3	Refinamento em modelos de integração entre PCP e PCS	125
5.3.1	<i>Análise crítica de modelos de integração existentes.....</i>	<i>125</i>
5.3.2	<i>Modelo refinado com a pesquisa</i>	<i>128</i>
5.3.3	<i>Apresentação e validação da solução proposta.....</i>	<i>130</i>
5.4	Discussão final acerca dos resultados e da solução desenvolvida	133
6	CONCLUSÃO	135
	REFERÊNCIAS	139
	ANEXO 1 – PARECER DE APROVAÇÃO DE PROJETO EM CEP	148
	ANEXO 2 – PLANTA DE IMPLANTAÇÃO DA OBRA ESTUDADA NA EMPRESA ALFA.....	155
	ANEXO 3 – PLANTA DE IMPLANTAÇÃO DA OBRA ESTUDADA NA EMPRESA BETA	156
	ANEXO 4 – EXEMPLO DE LISTA DE CAUSAS USUAIS PARA A FALTA DE SEGURANÇA.....	157
	ANEXO 5 – EXEMPLO DE LISTA PARA CLASSIFICAÇÃO DE ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS	158
	ANEXO 6 – EXEMPLO DE ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS EM SERVIÇO DE CONCRETAGEM	159
	APÊNDICE 1 - ROTEIROS PARA DIAGNÓSTICO SOBRE CONTROLE DA COVID-19 EM EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (NORIE/UFRGS).....	160
	APÊNDICE 2 – CHECKLIST PARA OBSERVAÇÃO DAS MEDIDAS DE CONTROLE DA COVID-19 EM CANTEIROS DE OBRAS (NORIE/UFRGS).....	164
	APÊNDICE 3 - ROTEIRO PARA CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E OBRA DOS ESTUDOS EMPÍRICOS (NORIE/UFRGS).....	165
	APÊNDICE 4 - ROTEIRO DE PERGUNTAS SOBRE O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	166

APÊNDICE 5 – ROTEIRO DE PERGUNTAS SOBRE O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA SEGURANÇA	168
APÊNDICE 6 - ROTEIRO PARA AVALIAÇÃO DO MODELO DE INTEGRAÇÃO E UTILIZAÇÃO DAS TECNOLOGIAS (<i>Adaptado de SAURIN, 2002</i>).....	170
APÊNDICE 7 – PROTOCOLO PARA OS ESTUDOS EMPÍRICOS	171

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto e justificativa

Nas últimas décadas, a indústria da construção tem buscado implementar modelos de gestão da produção mais eficazes, diante da alta competitividade e transformações exigidas por um mercado globalizado (NASCIMENTO; SANTOS, 2003). Destacam-se, nesse meio, a abordagem do Planejamento e Controle da Produção (PCP) adaptada para a construção civil (FORMOSO et al., 1999, FORMOSO et al., 2001) e o modelo *Last Planner System* (LPS) de planejamento e controle (BALLARD, 2000, CONTE, 1998, HAMZEH; ARIDI, 2013, JÚNIOR et al., 1998), considerados elementos fundamentais para que os projetos de construção cumpram seus objetivos com melhores prazo, custo e qualidade (FORMOSO et al., 2001).

Além disso, a melhoria das ações de gestão da segurança também tem se mostrado uma outra necessidade da construção civil, tendo em vista as preocupações com as boas condições de Segurança e Saúde no Trabalho (SST) e a sua relação com o desempenho da produção (SAURIN, 2002). No entanto, de acordo com Saurin et al. (2002), os cuidados com a segurança devem ir além de pôr em prática somente requisitos mínimos exigidos por normas regulamentadoras (em especial, a NR-18). Muitas vezes, apenas os protocolos normativos (i.e. implementação de PCMAT - Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria de Construção, medidas para prevenção de acidentes, treinamento dos operários sobre a segurança, entre outros) não possuem ligações estratégicas com o planejamento da produção nas empresas (SAURIN, 2002).

Sabendo disso, Saurin (2002) propôs um modelo de Planejamento e Controle da Segurança (PCS) elaborado com base na integração entre a gestão da segurança e o PCP, e apoiando-se em fatores primordiais ao planejamento, como dimensão (horizontal e vertical) e controle. O PCS tornou-se, portanto, um tema recorrente na literatura (MELO; COSTA, 2019; CAMBRAIA, 2004, SAURIN et al., 2005; SAURIN et al., 2002), baseando-se nos mesmos princípios do LPS e tendo como algumas proposições: (a) a hierarquização de planos para o devido controle da segurança, (b) a análise de restrições e (c) o uso de indicadores para avaliação de confiabilidade (BRIDI, 2012, SAURIN, 2002).

No entanto, a integração entre a segurança e o PCP tem sido um desafio enfrentado por muitas empresas de construção. Isso se mostra por meio de estudos que têm apresentado tanto as boas práticas dessa colaboração, como as dificuldades de implementação do PCS (BRIDI, 2012, CAMBRAIA, 2004, HINZE, 2002, RAZURI, 2007, SAURIN et al., 2005). Além disso, a necessidade de integração entre a segurança e o PCP ganhou maior relevância dentro do contexto da pandemia de Sars-Cov-2,

causadora da doença COVID-19, cuja ocorrência provocou um colapso nos modos de produção em diferentes setores industriais, inclusive na construção civil (ALSHAREF et al., 2021).

Aliadas a essa perspectiva de controle integrado (produção e segurança), têm-se recentes discussões sobre a inclusão de tecnologias digitais na construção civil, ferramentas estas que permitem otimizar a capacidade de coleta e processamento de dados e promovem uma resposta mais rápida aos eventos adversos, ajudando a manter a segurança e a conhecer os riscos que precisam ser mitigados (MELO; COSTA, 2019, RODRIGUES et al., 2020).

Além disso, algumas tecnologias digitais também têm sido utilizadas para apoiar a operacionalização de processos do PCP, conforme mostram estudos realizados sobre a aplicação de veículos aéreos não tripulados (VANT) (ÁLVARES et al., 2018, KIM; IRIZARRY, 2015, LIMA, 2021, MELO; COSTA, 2019), plataformas de gestão colaborativa em BIM (*Building Information Modeling*) (KIM; IRIZARRY, 2015, TEIZER, 2015), câmeras 360 graus (BARAZZETTI et al., 2018, HERMAWAN; LEMAN, 2020), impressão 3D (CRAVEIRO et al., 2019, TAY et al., 2017), dentre outras. Destacam-se, nos exemplos citados, maior produtividade no acompanhamento das atividades, melhor comunicação e transparência entre as equipes e apoio aos gestores na tomada de decisão, por meio de dados obtidos com o uso dessas tecnologias.

Portanto, este é o contexto no qual a presente pesquisa se insere: uma emergência sanitária (COVID-19) que abalou a condução das atividades na indústria da construção civil, setor este cujas práticas de gestão da segurança ainda não se encontram devidamente integradas à produção (CAMBRAIA, 2004, RAZURI, 2007, SAURIN, 2002). A partir deste cenário, a aplicação de tecnologias digitais pode ser considerada com vistas a se obter um controle da produção e da segurança mais assertivos e colaborativos (LIMA, 2021, MELO; COSTA, 2019). Nesse sentido, a integração entre o PCP e o PCS na construção civil pode ser aprimorada, considerando-se os seguintes aspectos: (a) o apoio de tecnologias digitais na sua operacionalização, e (b) o refinamento das relações entre o controle de produção e da segurança já propostos anteriormente (SAURIN, 2002, CAMBRAIA, 2004).

1.2 Problema de pesquisa

A partir da década de 90, houve um aumento na difusão de modelos para melhoria do PCP na construção civil (FORMOSO et al., 1999, FORMOSO et al., 2001), e, ainda, surgiram aplicações mais estruturadas como o LPS (BALLARD, 2000, BALLARD; TOMMELEIN, 2016). No entanto, a indústria da construção tem se deparado com projetos cada vez mais complexos, cujos graus de variabilidade e incerteza são altos, e que ainda comprometem o desempenho dos sistemas de PCP das empresas,

principalmente quando estes são implementados parcialmente ou informalmente (FORMOSO et al., 2001, ANGELIM, 2019).

Ainda, em casos de deficiência no PCP, dificilmente se consegue integrar o planejamento da segurança, uma vez que as diretrizes do PCP e as técnicas provenientes do LPS se configuram em bases para o desenvolvimento do PCS (SAURIN, 2002, RAZURI, 2007).

Mitropoulos e Cupido (2009) discutem, além da complexidade do setor, outras características da construção civil como, por exemplo, a dinamicidade dos ambientes de trabalho, locais esses que, por vezes, se apresentam hostis (inseguros) e combinados com altas pressões de produção. Para os referidos autores, na maioria dos casos, essas características desencadeiam processos de trabalho vagamente definidos que moldam os cenários de produção e comprometem o comportamento das equipes durante a execução das tarefas. O referido estudo aponta, ainda, que um planejamento da produção distante das questões de segurança torna o ambiente da construção civil mais propício à ocorrência de erros e acidentes de trabalho (MITROPOULOS; CUPIDO, 2009).

Estudos como o de Saurin et al. (2002), Hinze (2002) e Razuri (2007) consideram que a integração entre a segurança e o PCP reduz as dificuldades inerentes ao setor da construção civil, que são causadas por: (a) o elevado número de atividades envolvidas, (b) a interdependência entre seus processos e (c) a variabilidade inerente ao setor. Entretanto, algumas pesquisas ainda têm demonstrado eficácia parcial das medidas de gestão da segurança, por não estarem inseridas dentro do contexto de planejamento da produção (MELO; COSTA, 2019, MITROPOULOS; CUPIDO, 2009, RODRIGUES et al., 2020). Observa-se, portanto, que a integração entre PCP e PCS tem sido negligenciada por parte de algumas empresas de construção (SAURIN et al., 2002, SAURIN et al., 2005).

Ainda no contexto de planejamento e controle, o monitoramento do progresso das atividades de produção e da segurança é uma importante medida para se acompanhar o desempenho de um projeto de construção. No entanto, mesmo com a evolução das pesquisas sobre a integração entre o PCP e o PCS (BRIDI, 2012, CAMBRAIA, 2004, HINZE, 2002, RAZURI, 2007, SAURIN et al., 2005), as práticas mais usuais para o controle desses processos ainda são, na sua maioria, baseadas em observações individuais, coleta e extração manual de dados e dependentes de documentação textual (ÁLVARES et al., 2018). Nesses casos, o uso de tecnologias digitais na construção civil para aprimorar o controle pode ser uma solução, embora, a inclusão dessas ferramentas no setor ainda se mostra lenta, mesmo com o avanço das discussões acerca da “Construção 4.0” (CRAVEIRO et al., 2019; FORCAEL et al., 2020; TAY et al., 2017; WIDYATMOKO, 2020).

Ressalta-se que os modelos de integração entre o PCP e o PCS já apresentados (CAMBRAIA, 2004, RAZURI, 2007, SAURIN, 2002), tiveram, como foco principal, a redução do número de acidentes de trabalho na construção civil, um problema ainda bastante recorrente do setor (BRIDI,

2012). Entretanto os estudos citados não mencionavam a utilização de tecnologias digitais como ferramentas de apoio ao processo de integração. Portanto, esses modelos já apresentados ainda são passíveis de aperfeiçoamento como requisito para a sua melhoria contínua.

Em que se pese a situação atípica da pandemia de COVID-19 na construção civil, essa crise sanitária exigiu, das empresas, uma maior preocupação em preservar vidas enquanto executavam suas atividades econômicas (ARAYA, 2021). Embora cada organização tenha implementado suas próprias estratégias, com base em protocolos de segurança e decretos legais, a indústria da construção ainda precisa identificar medidas de SST mais eficazes para mitigar os efeitos da doença em suas operações a curto prazo (RAOUFI; FAYEK, 2021). Nesse sentido, pode-se pensar em atrelar o uso de tecnologias digitais à essas medidas mencionadas, buscando-se a integração dos processos de PCP e PCS somada à perspectiva proativa de melhorias no processo de controle geral desses ambientes (MELO; COSTA, 2019).

A literatura traz, ainda, alguns estudos (descritos em seguida) desenvolvidos com vistas a otimizar a gestão da segurança e o processo de planejamento da produção, incluindo o uso de algumas tecnologias digitais, embora dificilmente sejam encontrados todos esses aspectos (segurança, produção e aplicação de tecnologias) sendo trabalhados em uma mesma proposta.

No estudo de Lima (2021), por exemplo, avaliou-se o uso do VANT para auxiliar o PCS e, também, em algumas medidas de controle da COVID-19, onde foi constatada a eficiência dessa tecnologia para o registro de não conformidades da segurança, na transparência da comunicação entre os usuários e no apoio ao planejamento da produção. No entanto, a referida autora detectou que não foi possível auxiliar o monitoramento das atividades internas apenas com o VANT e, ainda, houve pouca eficiência durante a verificação dos protocolos de prevenção à COVID-19. Tais dificuldades ocorreram pelo fato de o VANT ser utilizado apenas em ambientes externos e com uma relativa altura de voo, o que dificultava o acompanhamento dos serviços internos da obra e a identificação precisa dos operários que faziam o uso de máscaras, por exemplo.

Com base na lacuna citada, a implementação de outras tecnologias, além do VANT, em apoio ao PCP e o PCS pode ser necessária para ampliar o monitoramento do progresso de atividades das áreas internas. Nesse sentido, a aplicação de câmeras 360 graus no contexto da construção civil, por exemplo, pode auxiliar os processos de monitoramento e controle da produção (BARAZZETTI et al., 2019; BARAZZETTI; PREVITALI; RONCORONI, 2018) e, ainda, das medidas de distanciamento social dentro do canteiro.

Já o estudo de Melo e Costa (2019) desenvolveu um *framework* utilizando, também, a tecnologia digital VANT como ferramenta de auxílio ao modelo de PCS. Conseqüentemente, a verificação de itens normativos da segurança e o apoio às decisões gerenciais tornaram-se mais confiáveis. No

entanto, a estrutura apresentada pelos referidos autores não explorou, de forma mais detalhada, as aplicações e complementaridades existentes entre o PCP e o PCS.

As abordagens e lacunas aqui citadas entram em concordância com a ideia de integração entre o PCP e o PCS proposta, inicialmente, por Saurin et al. (2002), embora se acredite que, com a inclusão de algumas tecnologias digitais, seja possível desenvolver modelos de integração (PCP e PCS) com maiores benefícios para sistemas complexos como o da construção civil (MELO; COSTA, 2019).

1.3 Questão de pesquisa

A partir da contextualização anterior, foi proposta a seguinte questão de pesquisa: **Como as tecnologias digitais podem auxiliar na integração entre os processos de PCP e PCS na construção civil, sobretudo em situações de crise como a pandemia de COVID-19?**

Para responder ao questionamento principal, foram enunciadas, também, algumas questões secundárias:

- a) Qual a abordagem dos principais modelos de integração entre o PCP e o PCS existentes?
- b) Quais os impactos das medidas de prevenção à COVID-19 na produção e na segurança?
- c) Que tecnologias digitais podem auxiliar na integração entre o PCP e o PCS?

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo geral*

O objetivo principal desta pesquisa é propor um refinamento em modelos de integração entre o PCP e o PCS com o apoio de tecnologias digitais, considerando-se o contexto de enfrentamento da COVID-19.

1.4.2 *Objetivos específicos*

- Analisar modelos de integração entre o PCP e o PCS existentes na literatura;
- Analisar os impactos das medidas de prevenção à COVID-19 ao PCP e à segurança;
- Avaliar o uso de tecnologias digitais em apoio ao PCP e ao PCS em canteiros de obras;
- Propor o refinamento dos modelos de integração entre o PCP e o PCS;
- Validar o modelo de integração refinado.

1.5 Delimitações da pesquisa

Esta dissertação se delimita ao contexto de atuação da construção civil, mais especificamente dos segmentos de mercado voltados para construções habitacionais e comerciais. Não foram abordadas características de produção e segurança das construções industriais e pesadas, que naturalmente apresentam outras necessidades e peculiaridades, principalmente com relação ao planejamento e controle da segurança.

A presente pesquisa foca nos processos de planejamento e controle da produção (PCP) e da segurança (PCS), ressaltando suas relações de integração, mas sem o aprofundamento nas questões referentes às normas regulamentadoras e práticas de Segurança do Trabalho.

Ainda, mesmo diante da situação peculiar decorrente da pandemia de COVID-19 na qual este trabalho se insere, não se fez nenhum aprofundamento nas questões relacionadas à saúde mental dos envolvidos, embora, durante uma etapa de diagnóstico apresentada nesta pesquisa, tenha sido observado exemplos do seu acompanhamento por parte das empresas participantes.

Por fim, o modelo de integração entre PCP e PCS proposto foi elaborado com base em pressupostos da literatura, no refinamento de modelos pré-existentes e nas experiências vivenciadas por meio de estudos empíricos. Entretanto, não se exime a necessidade de serem realizados novos estudos para o aperfeiçoamento e adequação da proposta à outras realidades.

2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO E DA SEGURANÇA

Esta seção trata da fundamentação teórica do trabalho, tendo como abordagens principais o PCP o Planejamento e Controle da Segurança (PCS), assim como a integração entre esses dois aspectos na indústria da construção.

Para sua complementação, faz-se, inicialmente, uma breve discussão da literatura sobre as implicações da pandemia de COVID-19 neste setor, cujo objetivo foi identificar as implicações dessa crise sanitária e as estratégias apresentadas para se proteger a produção e a segurança. Aborda-se também o uso de tecnologias digitais na construção civil, buscando-se compreender como essa imersão tecnológica tem influenciado os processos de controle da produção e da segurança, bem como suas possíveis lacunas.

2.1 Implicações da COVID-19 na construção civil

A pandemia de coronavírus trouxe novos desafios à gestão da construção como a necessidade de higienização de materiais, especialmente das ferramentas compartilhadas, o cumprimento do distanciamento social, além dos cuidados com os riscos de contaminação dos trabalhadores, inclusive fora dos canteiros de obras (transportes públicos) (AMOA; SIMPEH, 2021). Ao mesmo tempo, a emergência deu relevo às fragilidades históricas atinentes que estão relacionadas à segurança e saúde no trabalho do setor como desvios comportamentais, condições inseguras, fornecimento de informações incorretas sobre a segurança, aliados à supervisão e monitoramento inadequados (AMOA; SIMPEH, 2021, HASLAM et al., 2005), e ainda, a pouca importância atribuída aos riscos, o uso incorreto de ferramentas, máquinas e equipamentos de proteção individual (EPI's) (ANDOLFO; SADEGHPOUR, 2015).

Os impactos desta situação manifestaram-se em diversas dimensões, podendo-se destacar (ALSHAREF et al., 2021): a redução do número de trabalhadores nos primeiros meses de pandemia; as disparidades entre as restrições de segurança aplicadas aos canteiros em diferentes Estados; os atrasos na entrega e falta de materiais; o aumento de preços dos materiais; a redução de eficiência e de produtividade; o aumento da demanda por fornecedores locais; e a atribuição de atividades *home-office* para parte dos funcionários.

Neste sentido, as autoridades públicas, a academia e entidades setoriais buscaram desenvolver protocolos para apoiar o trabalho seguro no setor. No estado do Ceará, onde esta pesquisa foi realizada, por exemplo, pode-se destacar o Decreto Estadual nº 33.608, de 30 de maio de 2020, que reforçou medidas de higiene e isolamento social para a cidade de Fortaleza, regulamentando a liberação paulatina dos operários da construção civil para o trabalho, seguindo quatro fases a partir de 1 de junho

de 2020 (30% do efetivo), até o montante de 100 pessoas por canteiro de obras (FORTALEZA, 2020) e, posteriormente, com o Decreto 33.700, de 01 de agosto de 2020, permitiu-se a retomada de 100% do seu efetivo presencial (FORTALEZA, 2020).

Em apoio ao setor, o SINDUSCON/CE (SINDUSCON, 2020) e a CBIC (CBIC, 2020) elaboraram material de divulgação baseados nas diretrizes do governo federal, com o intuito de difundir os principais cuidados aplicados aos canteiros de obra e, em conjunto com o SESI, atuaram para a retomada segura das atividades. Os cuidados descritos nas orientações setoriais apresentam concordância com Araya (2021), visto que a principal forma de propagação da COVID-19, segundo o referido autor, é por meio da interação entre pessoas e, durante a retomada do setor da construção, o acompanhamento e controle das interações entre os operários são fundamentais para evitar a disseminação da doença.

Neste sentido, diversos autores também citaram medidas importantes, tais como:

- Monitoramento de temperatura corporal antes da entrada na obra e treinamento relacionado à COVID-19 (ALSHAREF et al., 2021);
- Restrição de distância entre trabalhadores, uso contínuo de máscaras e protetores faciais para equipes com trabalhadores próximos (ALSHAREF et al., 2021, AMOAH; SIMPEH, 2021, STILES et al., 2020, ZHENG, et al., 2021);
- Adequações físicas nos ambientes dos canteiros (ZHENG, et al., 2021);
- Uso sanitizantes para higienização de superfícies e higienização das mãos (AMOAH; SIMPEH, 2021, ZHENG, et al., 2021);
- Adequação de trabalhadores não essenciais da linha de frente, na modalidade home-office, entre outras (ALSHAREF et al., 2021, STILES et al., 2020).

Dado o grande número de ações em discussão, Bruin et al. (2020) sumarizaram as medidas gerais de saúde e segurança em categorias, dentre as quais se observou similitude com as orientações das entidades da indústria da construção e com a literatura analisada. As categorias destacadas foram sintetizadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Categorização das medidas de prevenção

Categorias	Descrição	Fonte
Restrições socioeconômicas	Adoção de medidas alternativas para as pessoas que não trabalham nas atividades de produção. Ex: <i>home office</i> ;	Literatura: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bruin et al. (2020) Leis e Decretos nacionais, estaduais e municipais: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ministério da Economia Ofício Circular SEI nº 1247/2020/ME 14 de abril/2020 ▪ Fortaleza: decreto Nº 33.608, 30 de maio de 2020 e Nº 33.631, de 20 de junho/2020

Restrições de mobilidade	Restrição da entrada e circulação de pessoas que não trabalham no canteiro de obras;	Literatura: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bruin et al. (2020) Leis e Decretos nacionais, estaduais e municipais: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ministério da Economia Ofício Circular SEI nº 1247/2020/ME 14 de abril/2020 ▪ Fortaleza - decreto Nº 33.608, 30 de maio/2020 e Decreto Nº33.631, 20 de junho/2020 Leis e Decretos internacionais: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Los Angeles (L.A. Building & Safety announcement No. 5 Revised April 15, 2020) ▪ San Francisco (Order of the health officer No. C19-07c - para obras grandes)
Distanciamento físico	Manutenção da distância segura entre os trabalhadores, mínimo de 2,0 m, principalmente em ambientes fechados (escritórios e refeitórios);	
Medidas de higiene	Fornecimento de lavatórios com água e sabão, além de sanitizantes; limpeza e higienização constantes de ferramentas e equipamentos de uso manual; higienização com pulverização diária das instalações de uso no canteiro de obras; utilização permanente de máscaras de proteção individual;	
Comunicação e Conscientização	Instituição de mecanismos e procedimentos para que os trabalhadores possam reportar se estiverem doentes ou com quaisquer sintomas; orientação quanto às ações de higiene tanto no canteiro de obras como no transporte público; orientação correta sobre o tempo de troca e utilização de máscara;	
Medidas de Controle	Instituição de mecanismos como medição de temperatura, teste de oxigenação, contratação de equipe de saúde para auxiliar na prevenção.	

Fonte: do autor (2023).

Embora tenham se estabelecido diversas medidas de enfrentamento à COVID-19 no setor da construção, a sua implementação e fiscalização se mostrou desafiadora (ALSHAREF et al., 2021, AMOAH; SIMPEH, 2021, STILES et al., 2021). Um exemplo foi o planejamento da força de trabalho frente aos protocolos, uma vez que, para projetos de construção serem concluídos conforme estabelecido, é necessário planejar seus recursos com antecedência (AMOAH; SIMPEH, 2021). Neste sentido, os referidos autores concluíram que novas formas de gestão da segurança foram necessárias, embora pudessem trazer grandes impactos ao setor.

Alsharef et al. (2021) citaram que a formação de equipes responsáveis pelo monitoramento dos protocolos de segurança e a contratação de trabalhadores qualificados auxiliaram nas questões de segurança e saúde. Outras medidas como a dedução de salários em casos de desrespeito às medidas de prevenção (por exemplo, o uso da máscara), a realização do trabalho em sistemas de turnos (escalonamento) quando havia um número elevado de trabalhadores e a realização de um orçamento para os custos adicionais com as medidas de enfrentamento à COVID-19 são ações que corroboraram para a redução dos riscos de contaminação nos canteiros (AMOAH; SIMPEH, 2021).

Em que se pese os dados sobre a propagação da COVID-19 em canteiros de obras a nível nacional, desde o início da pandemia, o setor da construção foi marcado por baixos índices de contaminação, quando comparados com os de outros ramos econômicos (CBIC, 2020, ABRAIN, 2020). No entanto, ainda que os indicadores favoreçam a compreensão de que o setor apresentou estabilidade quanto à contaminação nos canteiros de obras, a literatura não descartou a importância dos cuidados

com a segurança a longo prazo (RAOUFI; FAYEK, 2021), que também podem ser auxiliados por práticas formalizadas de Planejamento e Controle da Produção (SAURIN, 2002).

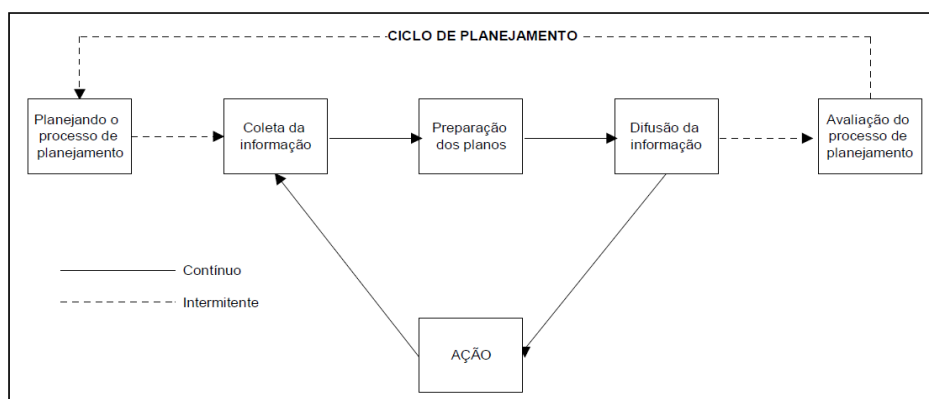
2.2 Planejamento e Controle da Produção e o *Last Planner System*®

Na construção civil, a definição de Planejamento e Controle da Produção (PCP) surgiu com a necessidade de integração da função controle ao processo de planejamento dos seus empreendimentos (FORMOSO et al., 1999). Outros estudos que já conceituaram essa máxima abordaram a deficiência do controle de produção existente nas organizações deste setor, assim como a busca pela melhoria do desempenho da produção dos projetos em execução (FORMOSO et al., 1999, ROCHA, 2015).

Ainda na década de 1980 se questionava sobre a eficiência do planejamento em empreendimentos de construção e sobre como garantir que o seu desempenho pudesse ser medido e avaliado (LAUFER; TUCKER, 1987). Para esses mesmos autores, o planejamento é o processo de decisão realizado antes da ação, com vistas a se declararem as metas e os meios para se alcançá-las, enquanto o controle se encarrega de avaliar e tomar ações preventivas ou corretivas para que o desempenho não fuja ao que foi planejado. No entanto, de acordo com Ballard e Howell (1998), na indústria da construção é comum que se tenha a falta de colaboração entre as partes interessadas (construtores, clientes, projetistas, empreiteiros, outros) no processo de planejamento, fazendo com que as atividades não sejam realizadas conforme o planejado. Os referidos autores afirmam ainda que é mais recorrente que as organizações deste setor realizem o controle com foco no projeto ao invés da produção.

Nesse contexto, ambos os processos, planejamento e controle, devem caminhar juntos e com esforços voltados principalmente para a produção, formando-se um ciclo sistemático de proteção contra a incerteza e a variabilidade existentes na construção civil (LAUFER; TUCKER, 1987). A Figura 1 representa as interações do ciclo de planejamento e controle proposto por Laufer e Tucker (1987).

Figura 1 - Etapas do Ciclo de Planejamento e Controle



Fonte: Adaptado de Laufer e Tucker (1987).

Ballard (2000) corrobora com que foi dito por Laufer e Tucker (1987), ao afirmar que os sistemas de PCP devem manter a função controle de forma pro-ativa e direcionada aos fluxos de trabalho, caso contrário, o processo de planejamento da produção vira refém da incerteza, das perdas, e torna-se ineficaz na função de representar uma meta de futuro. Ainda, Koskela (1999) afirma que a questão da variabilidade pode ser mais facilmente combatida por meio de sistemas de PCP eficazes e que atendem a cinco pressupostos básicos, conforme se apresenta no Quadro 2.

Quadro 2 – Princípios para um PCP eficaz

item	Princípio	Descrição
1	Remoção das restrições	Sugere que as atividades não sejam iniciadas até que todos os pré-requisitos para a sua execução estejam disponíveis
2	Medição e monitoramento	A realização das tarefas deve ser medida e monitorada com vistas a se reduzir a propagação da variabilidade dos fluxos
3	Investigação de causas	As causas para a não realização do das atividades planejadas devem ser investigadas e tratadas para se preservar a melhoria contínua.
4	Tarefas reservas (<i>buffers</i>)	Devem ser previstos <i>buffers</i> de tarefas para cada equipe, de forma a se evitarem perdas ou falta de produtividade em caso de impossibilidade da realização de algumas atividades
5	Preparação de pré-requisitos das atividades futuras	Os pré-requisitos das atividades posteriores devem ser previstos e preparados com antecedência, garantindo a sua disponibilidade quando da realização

Fonte: adaptado de Koskela (1999).

A partir desse contexto, percebe-se, ainda, uma relação existente entre os conceitos de PCP e a filosofia da produção enxuta (KOSKELA, 1999). De fato, alguns pressupostos dessas filosofias foram transferidas para processos diversos da construção civil e, em especial, aos sistemas de PCP (BALLARD, 2000, BERNARDES, 2001). Destarte, diversos estudos têm sido realizados neste setor, reforçando aplicações do modelo *Last Planner System*® (LPS) de planejamento e controle da produção (ANGELIM, 2019, DANIEL et al., 2017, FORMOSO et al., 1999, LEÃO, 2014, ROCHA, 2015), uma técnica de PCP que teve suas características pautadas por meio de princípios da Construção Enxuta (KOSKELA, 1992).

O LPS é um método de PCP em que se busca: (a) aumentar a confiabilidade do planejamento da construção e (b) fazer com que as atividades executadas sejam aquelas previamente planejadas (BALLARD, 2000). O que se conhece sobre esse modelo e que vem sendo apresentado por outros estudos realizados na construção civil, são os princípios teóricos e seus componentes práticos (i.e. planos de controle integrado entre níveis hierárquicos) (DANIEL et al., 2017).

De acordo com Ballard et al. (2009), existem cinco princípios que regem o modelo LPS:

1. garantir que as tarefas sejam planejadas em detalhes cada vez maiores quanto mais próximos forem os horizontes de execução das tarefas;
2. garantir que as tarefas sejam planejadas com quem as executará;
3. identificar restrições na tarefa planejada a serem removidas pela equipe de antemão;

4. garantir que as promessas feitas sejam seguras e confiáveis; e
5. aprender continuamente com as falhas que ocorrem ao executar tarefas para evitar recorrências futuras.

Os cinco princípios citados acima mostram congruência com aqueles de um PCP eficaz (Quadro 4) propostos por Koskela (1999). Com isso, a adoção desses pressupostos também deve ocorrer em diferentes níveis de planejamento da produção, buscando-se combater os altos níveis de incerteza na construção civil (BALLARD, 2000, BALLARD; TOMELLEIN, 2016). Dessa forma, o LPS propõe a hierarquização do planejamento em cinco níveis (BALLARD; TOMELLEIN, 2016): planejamento de longo prazo, planejamento de fase, planejamento de médio prazo, planejamento de curto prazo e medição e aprendizagem, os quais são detalhados no Quadro 3.

Quadro 3 – Hierarquização do planejamento no LPS e seus componentes

Nível	Componente	Descrição
1	Planejamento de Longo Prazo (<i>Master plan</i>)	Contempla todas as tarefas a serem executadas ao longo do projeto, mostrando o prazo necessário para a sua execução (BALLARD, 1997). Este nível gerencia os grandes marcos do empreendimento e geralmente se considera um menor nível de detalhes por conta das incertezas referentes a durações de atividade, fornecimento de materiais e operações (BALLARD; TOMELLEIN, 2016). Formoso et al. (1999) afirmaram, ainda, que neste plano são definidos os ritmos de produção dos serviços principais, bem como os planos de ataque da obra, por isso, deve envolver diretamente a alta direção da empresa para que sejam validados os prazos em função dos custos e estratégia de execução do empreendimento (BERNARDES, 2001)
2	Planejamento de Fase (<i>Phases planning</i>)	Representa uma interface entre os planos de longo e médio prazo, na qual se constrói uma decomposição dos principais marcos do empreendimento, dando maiores detalhes sobre a transição entre atividades (BALLARD; TOMELLEIN, 2016). Também chamado de programação colaborativa, ele busca trazer confiabilidade ao plano mestre, priorizando o envolvimento dos construtores, subempreiteiros, fornecedores e projetistas na decomposição dos marcos (BALLARD, 2000, DANIEL et al., 2017)
3	Planejamento de Médio Prazo (<i>Lookahead planning</i>)	Esse plano corresponde ao agrupamento de atividades que estão aptas a serem programadas no âmbito do planejamento de curto prazo. Para isso, sua principal função é identificar e remover restrições, permitindo que as atividades do planejamento de fase sejam realizadas (BALLARD; TOMELLEIN, 2016). Outra função desse planejamento é garantir o fluxo, a sequência e divisão de tarefas, incluindo uma programação de atividades reservas de acordo com a capacidade de trabalho. (BALLARD et al., 2003)
4	Planejamento de Curto Prazo (<i>Weekly work planning</i>)	Neste nível são definidas as atividades que corresponderão às programações semanais, nas quais são acompanhados e analisados os problemas da produção (BALLARD; TOMELLEIN, 2016). São consideradas somente as atividades que possuem grande probabilidade de serem cumpridas (BALLARD; HOWELL, 1998, BALLARD, 2000), ou seja, que tiveram suas restrições removidas. Esse plano também é caracterizado pela atribuição dos recursos às atividades programadas no plano de médio prazo (FORMOSO et al., 1999), sendo comum a prática reuniões semanais entre os principais envolvidos (gestores, encarregados, empreiteiros e subempreiteiros) no projeto, cujo objetivo é a produção e acompanhamento dos planos semanais (BALLARD, 2000)

5	Medição e Aprendizagem (<i>Measurement and learning</i>)	Ocorre principalmente com o acompanhamento do percentual de planejamento concluído (PPC), o registro dos problemas da produção e a identificação das suas causas. Neste momento também é verificada a qualidade do planejamento, a medição da produtividade do trabalho e a conformidade da programação com o registro dos problemas encontrados. Esse controle é fundamental para a melhoria contínua do sistema de produção, uma vez que nas reuniões semanais são debatidas as causas dos problemas para a não execução das atividades conforme planejadas e decisões são tomadas para a não repetição desses erros e problemas no sistema de produção. É imprescindível que ações para prevenir a reincidência de erros sejam implementadas para a melhoria do sistema de produção (BALLARD, 2000)
---	--	--

Fonte: do autor (2023).

Dentre os níveis de planejamento abordados pelo LPS, ganharam destaque os horizontes de Longo, Médio e Curto Prazo (BALLARD, 2000), sendo discutidas suas aplicações em diversos estudos realizados nas últimas décadas (ANGELIM, 2019, BRIOSO et al., 2016, CODINHOTO et al., 2003, CONTE, 1998, DANIEL et al., 2017, FORMOSO et al., 1999, OLIVIERI et al., 2019, VARGAS; FORMOSO, 2020).

Além da disseminação do LPS como mecanismo de apoio à estabilidade da produção, outros estudos têm abordado seus princípios e ferramentas associando-os à melhoria da segurança, sendo citados especificamente como modelos de Planejamento e Controle da Segurança (PCS).

2.3 Planejamento e Controle da Segurança na construção civil

A gestão da segurança na construção civil tem sido um tema bastante discutido ao longo dos anos devido ao caráter complexo deste setor (JACOMIT, 2010, KOSKELA, 2000, MITROPOULOS; CUPIDO, 2009) e, ainda, aos riscos envolvidos em seu ambiente de produção (ANDOLFO; SADEGHPOUR, 2015, BRIDI, 2012, SAURIN, 2002, SAURIN et al., 2005, RAZURI, 2007), que são mais comumente abordados pelos altos índices de acidentes de trabalho (BRASIL, 2010).

Como a principal função das medidas de SST acaba sendo a redução desse número de acidentes, diversos estudos com foco em segurança na construção civil têm sido realizados, abordando diferentes áreas como: segurança na etapa de projeto (MACKENZIE et al., 2000), identificação de causas de acidentes (SURAJI et al., 2001), indicadores de desempenho em segurança (DUFF, 2000), planejamento e controle da segurança (PCS) (HINZE, 2002, MELO; COSTA, 2019, SAURIN, 2002), identificação de melhores práticas para a segurança em empresas (HARPER; KOEHN, 1998, HINZE, 2002) e, mais recentemente, melhoria da segurança por meio da Engenharia de Resiliência (MITROPOULOS; CUPIDO, 2009, PEÑALOZA et al., 2020, SAURIN et al., 2005), sendo essa última uma área de estudo melhor tratada nos estudos de Hollnagel (2014) e Peñaloza et al. (2020).

Embora a redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de Saúde, Higiene e Segurança, seja um direito social dos trabalhadores de qualquer ramo econômico (CONSTITUIÇÃO,

1988, art. 7º), no caso da construção civil, características como a complexidade dos projetos, dinamicidade dos processos, grande número de atividades dependentes de habilidades manuais, entre outras, favorecem um ambiente de trabalho mais propício à insegurança (MITROPOULOS; CUPIDO, 2009).

Não obstante, o conjunto das normas regulamentadoras de segurança que podem ser direcionadas para a indústria da construção tem sido uma poderosa forma de minimizar riscos de acidentes/quase-acidentes em canteiros de obras. Algumas destas normativas principais são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Normas regulamentadoras para Saúde e Segurança do Trabalho

Norma	Tema	Descrição/objetivos
NR-1	Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais	Estabelece as disposições gerais, o campo de aplicação, os termos e as definições comuns às NR relativas a segurança e saúde no trabalho e as diretrizes e os requisitos para o gerenciamento de riscos ocupacionais e as medidas de prevenção em- SST
NR-4	Serviços Especializados em Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT)	Estabelece a obrigatoriedade de contratação de profissionais da área de segurança e saúde do trabalho, de acordo com a quantidade de empregados
NR-5	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA)	Orienta sobre a formação da comissão e suas atribuições com o objetivo de prevenir acidentes e doenças decorrentes do trabalho, preservando a vida e a saúde dos trabalhadores
NR-6	Equipamentos de proteção individual (EPI)	Regulamenta a execução do trabalho com o uso de EPI's, sem estar condicionada a setores ou atividades específicas. Ainda, estabelece rotinas para manutenção ou substituição desses equipamentos
NR-18	Considerações e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção	Regulamenta a execução do trabalho de forma segura para o setor da construção civil. Esta norma exige ações e ferramentas de controle para a melhoria dos canteiros de obras e a minimização dos riscos de acidentes
NR-35	Trabalho em Altura	Estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento e a execução. Considera o trabalho em altura aquele cujas atividades são executadas acima de 2,0m do nível inferior, onde haja risco de queda
ISO 45001	Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional (SGSSO)	Trazem como foco a melhoria do desempenho das organizações em medidas de SST, fornecendo mecanismos para gerenciamento de riscos e oportunidades dentro da empresa, buscando prevenir lesões e/ou problemas de saúde ocupacional e, ainda, proporcionar ambientes de trabalho mais seguros
NBR 18801	Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho - Requisitos	

Fonte: do autor (2023).

De fato, as instruções normativas descritas no Quadro 4 exprimem uma série de métodos e recursos necessários para o combater os riscos à segurança ocupacional e aos acidentes de trabalho, não só no ambiente da construção civil, mas em qualquer organização produtiva.

Ressalta-se que além daquelas normas apresentadas no Quadro 4, a construção civil necessita do apoio técnico de mais algumas normativas, a saber:

- NR 1: Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais;
- NR 10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade;
- NR 11: Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais;
- NR 12: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos;
- NR 15: Atividades e operações insalubres;
- NR 33: Segurança e saúde nos trabalhos em espaços confinados, dentre outras.

Essas últimas, assim como as demais normas já citadas (Quadro 4) promovem a importância da cultura de segurança no ambiente de trabalho. Em se tratando da construção civil, um destaque especial tem sido dado à NR-18, que regulamenta as condições seguras para o trabalho no setor (SAURIN, 2002), embora outras normas específicas sejam extremamente necessárias para o desempenho seguro das atividades de construção.

É importante destacar, ainda, alguns conceitos básicos sobre o contexto de saúde e segurança do trabalho (SST), conforme a visão de alguns autores destacada no Quadro 5.

Quadro 5 – Conceitos básicos do contexto de Segurança e saúde do Trabalho

Conceito	Conceito	Referência
Acidente de Trabalho	Evento não esperado que provoca lesões e/ou danos materiais a partir da interação humana com o meio ambiente físico e social de trabalho. O acidente pode ocorrer de forma instantânea ou não, dependendo das ações e conseqüências e elas associadas	BRIDI (2012); CAMBRAIA (2004); SAURIN (2002)
Quase-acidente	Também sinônimo de incidente, tem uma definição muito semelhante aquela de acidente, no entanto se caracteriza por não causar danos físicos ao trabalhador. A literatura considera ainda que os quase-acidentes podem ser precursores dos acidentes	
Perigo	Possibilidade de ocorrência de um acidente ou quase acidente no ambiente de trabalho	
Risco	Probabilidade de ocorrência do acidente ou quase-acidente, sendo possível se fazer a sua mensuração por meio de indicadores	
Ato/condição insegura	Apesar de se apresentarem como termos semelhantes, o ato inseguro é a maneira (comportamental) de exposição, consciente ou inconsciente, do trabalhador a uma situação de risco. Já a condição insegura é relacionada à estrutura física do ambiente, como a falta de recursos, dispositivos ou equipamentos para garantir a segurança	
Cultura e clima de segurança	Apesar de se apresentarem como termos semelhantes, a cultura de segurança é referente aos valores e normas de segurança aplicados na organização, enquanto o clima de segurança se refere às percepções e crenças dos empregados em relação à segurança e aos riscos	

Fonte: do autor (2023).

Mesmo diante dos pressupostos e ferramentas de controle apresentados pelas normas descritas anteriormente no Quadro 4 e do conhecimento já consolidado sobre algumas definições acerca da SST (Quadro 5), alguns autores têm discutido sobre a deficiência da gestão no contexto das ações

de segurança, uma vez que a eficiência dessas últimas também depende de abordagens proativas de planejamento e controle (BRIDI, 2012, SAURIN et al., 2002).

Saurin (2002) também explica que as organizações costumam trabalhar parcialmente as questões observadas nas normas vigentes, pois muitas vezes dependem de recursos e do envolvimento dos intervenientes (alta direção até o nível da operação). Esse mesmo autor complementa que mesmo o cumprimento integral desses requisitos pode não ser suficiente para a eliminação de acidentes de trabalho, principalmente porque as normas não citam a elaboração de estruturas formais para gestão da segurança. Hinze (2002) corrobora que uma boa solução seria desenvolver melhores práticas que levem à excelência em termos de segurança, buscando-se identificar aquilo que está além dos requisitos normativos.

Apesar de muitas empresas conseguirem manter a estabilidade da segurança em seu ambiente de trabalho, os canteiros de obras ainda são considerados um dos mais perigosos locais de produção, quando comparados com outras indústrias (DIAS; COBLE, 1999, MACKENZIE et al., 2000). A ocorrência frequente de incidentes ou mesmo de acidentes mais graves de trabalho podem estar ligados à informalidade das práticas de planejamento e controle da segurança (RAZURI, 2007). Para este mesmo autor, o desempenho da SST está associado ao detalhamento e grau de precisão do planejamento e controle das suas ações.

Vale destacar que a NBR 18801 orienta a implantação de um Sistema de Gestão de SST estruturado e integrado. Segundo essa normativa, o ambiente de trabalho deve ser apoiado por uma gestão colaborativa, contando com a participação do próprio governo (ações e políticas de segurança), dos empregadores (prática da cultura e clima de segurança na organização) e dos trabalhadores (cumprimento de instruções de segurança no dia-a-dia), promovendo, assim, a prevenção e o controle de riscos, bem como a melhoria contínua do desempenho das ações de SST (ABNT, 2014).

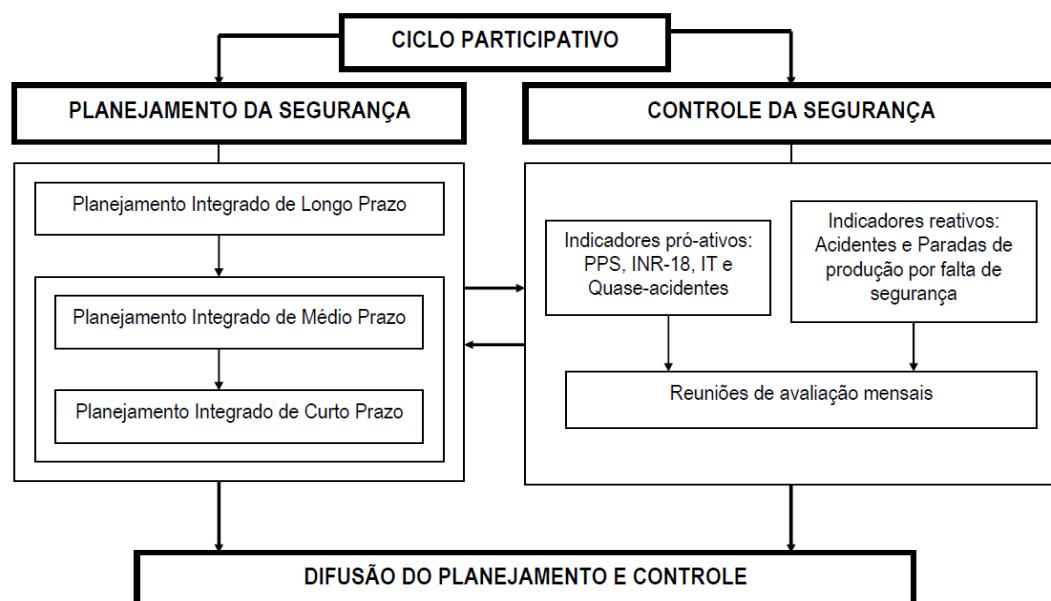
A partir dessas percepções comentadas, a segurança se mostra uma propriedade emergente no sistema de produção da construção civil. No entanto, percebe-se que, apesar dos esforços de seus responsáveis, as empresas de construção ainda mantêm práticas de gestão da segurança pouco eficazes, por não estarem inseridas, muitas vezes, dentro do contexto de planejamento da produção (MITROPOULOS; CUPIDO, 2009, RODRIGUES et al., 2020, SAURIN et al., 2002, SAURIN et al., 2005). Com isso, estudos tais como Saurin (2002), Cambraia (2004), Razuri (2007), Bridi (2012), dentre outros, passaram a reforçar a necessidade de integração entre o planejamento da produção e da segurança na construção civil, como forma de combater incertezas, variabilidade e, ainda, os riscos inerentes ao setor. Essa abordagem, que visa aumentar o desempenho do sistema produtivo como um todo, é descrita no item que segue.

2.3.1 A estruturação do PCS (integração da segurança à produção)

Saurin (2002) aborda que o planejamento da produção e da segurança devem ser indissociáveis, uma vez que a definição de ações de segurança requer o conhecimento do método executivo e esse último, por sua vez, deve levar em conta os riscos de acidentes envolvidos em cada opção. Destarte, as técnicas de PCP, incluindo modelos mais atuais como o *Last Planner System* (LPS), que já apresentam boa consolidação, devem embasar a elaboração de métodos mais eficientes para o PCS.

Ainda no estudo de Saurin (2002) foi proposto um modelo de PCS com base em pressupostos do LPS de controle da produção, no qual as ações de segurança puderam ser integradas ao PCP, sendo inseridas no contexto dos três níveis de planejamento (longo, médio e curto prazo). Estudos como Harper; Koehn (1998) e Hinze (2002) foram alguns dos motivadores para a proposta de Saurin (2002), uma vez que aqueles autores abordaram, dentre algumas melhores práticas para a gestão da segurança, o planejamento da segurança antes do início das atividades (pré-tarefa), a medição do desempenho da segurança (indicadores) e mecanismos para treinamento e participação dos trabalhadores. A partir daí, Saurin (2002) realizou dois estudos empíricos em empresas nacionais, além de discutir melhores práticas de PCS observadas tanto no Brasil como nos Estados Unidos para construir sua proposta. A Figura 2 apresenta a sumarização do modelo final de PCS apresentado pelo referido autor.

Figura 2 – Modelo de Planejamento e Controle da Segurança



Fonte: Saurin (2002).

Vale destacar a observação feita por Saurin (2002), reforçando que a integração da segurança à produção independe de um modelo específico de PCP, desde que haja uma formalização desse último, caracterizada pela hierarquização dos planos, continuidade e participação de representantes dos diferentes níveis gerenciais (SAURIN et al., 2002).

Além disso, devem existir alguns pré-requisitos do canteiro de obras para que seja possível a implementação do PCS, são eles: (i) a estruturação do sistema de PCP consolidada, apresentando os três níveis hierárquicos principais de planejamento, reuniões regulares com a participação dos gestores da obra (produção e segurança) e representantes dos sub-empreiteiros, (ii) a existência de pelo menos um técnico de segurança no quadro de funcionários, que não necessariamente é o responsável principal pela gestão da segurança do canteiro (função essa atribuída ao gestor da obra) e (iii) a existência de funcionários que ficarão responsáveis pela coleta dos indicadores e elaboração dos relatórios periódicos acerca da segurança (CAMBRAIA, 2004, SAURIN, 2002).

Ainda com base no modelo proposto por Saurin (2002) (Figura 2), pode-se definir o papel dos módulos principais do PCS e suas ações principais. O Quadro 6, portanto, faz esse esclarecimento.

Quadro 6 – Definição dos Componentes do PCS

Módulo	Descrição	Ações
Planejamento da Segurança	Estabelece quais, como e quando as ações preventivas devem ser implementadas no contexto da segurança, considerando os três níveis hierárquicos para tomada de decisão; longo, médio e curto prazo, ressaltando-se que, em cada um desses níveis, os planos tanto de produção como da segurança devem ser trabalhados conjuntamente	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar um plano de segurança para cada grande etapa de obra (longo prazo com detalhamento dos perigos e controles necessários) e realizar a Análise Preliminar de Perigos (APP); • Elaborar planos de médio e de curto prazo que auxiliem na atualização do longo prazo e na identificação e compreensão de perigos; • Programar recursos (treinamento, proteções coletivas, EPI's, projeto ou espaço) necessários para as atividades/pacotes de trabalho e incluí-los nas restrições do médio prazo (PCP); • Realizar acompanhamento diário da segurança (com base no plano de curto prazo da segurança) observando os pacotes de trabalho incluídos no plano semanal da produção e discutir semanalmente esses planos de segurança durante as reuniões de curto prazo;
Controle da Segurança	Aplicação de mecanismos para a coleta de indicadores de desempenho e realização de reuniões mensais de avaliação, buscando incorporar um ciclo de melhoria contínua ao PCS	<ul style="list-style-type: none"> • Trabalhar com indicadores pro-ativos e reativos para garantir a confiabilidade da segurança; • Realizar análise crítica e disseminação das informações e dos resultados durante as reuniões mensais;
Ciclo Participativo	Envolve os trabalhadores no processo de PCS, tanto nas atividades de planejamento como de controle, buscando consolidar o papel ativo destes na gestão da segurança	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar entrevistas com grupos de operários; • Realizar reuniões de <i>feedback</i> com gestores e operários; • Avaliar as medidas de controle existentes e a satisfação dos operários;

Difusão do Planejamento e Controle	Processo de divulgação (transparência) dos resultados de planejamento e controle da segurança aos usuários em diversos formatos	<ul style="list-style-type: none"> • Disseminar as informações em reuniões de médio e curto prazo, treinamentos, outros; • Adotar dispositivos visuais e relatórios de desempenho.
------------------------------------	---	--

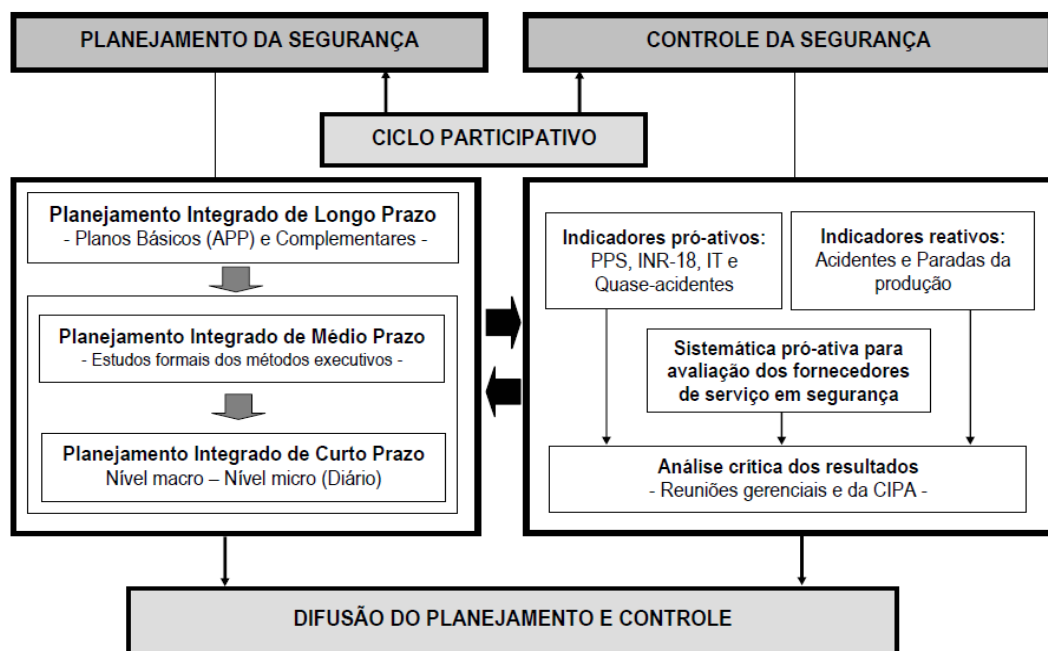
Fonte: Saurin (2002); Cambraia (2004).

As contribuições do estudo de Saurin (2002) foram a apresentação e formalização do PCS e um maior controle de riscos (principalmente ergonômicos) nas empresas consideradas como estudo de caso. Esse mesmo autor reforçou que o controle da segurança, na maioria dos casos, pode ser realizado com medidas de fácil implementação e de baixo custo para as empresas.

Já o estudo de Cambraia (2004), ao fazer uma análise do modelo proposto por Saurin (2002), discutiu os seus quatro módulos principais (planejamento da segurança, controle da segurança, ciclo participativo e a difusão do planejamento e controle) e, por meio de um estudo de caso exploratório, buscou melhorias para a estruturação desse conteúdo proposto. Esse mesmo autor propôs um refinamento para o modelo de PCS com foco na compreensão das ações em cada nível hierárquico do planejamento, na sistematização dos planos e, principalmente, propondo um maior envolvimento dos trabalhadores e sub-empregados no processo de avaliação da segurança (CAMBRAIA, 2004).

A Figura 3 mostra o modelo de PCS proposto por Cambraia (2004) com as melhorias sugeridas em sua pesquisa.

Figura 3 – Modelo de Planejamento e Controle da Segurança com melhorias



Fonte: Cambraia (2004).

Com base nos estudos de Saurin (2002) e Cambraia (2004), observa-se que as principais ações para a implementação do PCS baseiam-se em conceitos já conhecidos e advindos do Planejamento e Controle da Produção (FORMOSO et al., 2001). As ferramentas de aplicação citadas pelos referidos autores e que foram adaptadas para o controle da segurança aplicam-se entre os três níveis hierárquicos de planejamento: longo, médio e curto prazo, conforme são apresentadas em seguida.

2.3.1.1 Ferramentas a nível de Longo Prazo (Estratégico)

- I. Planos para a segurança das grandes etapas da obra: Estes devem considerar as etapas macro estabelecidas no planejamento da produção (Ex.: Escavação, Fundações, Estrutura de Concreto, Alvenarias Externas, Alvenarias internas, Pintura, etc.) e às vezes atividades cujos perigos não estão associados à pacotes de trabalho (Ex.: central de armação, central de carpintaria, transporte vertical, entre outros);
- II. Análise Preliminar de Riscos/perigos (APR): Técnica que leva em consideração a descrição dos passos para a execução das etapas macro (incluindo atividades de conversão e de fluxo) e a identificação dos perigos em cada passo do processo. A realização da APR resulta na definição do meio de controle para cada perigo, considerando-se os recursos necessários e a necessidade desse controle.

2.3.1.2 Ferramentas a nível de Médio Prazo (Tático)

- I. Programação de recursos para a segurança: Identifica os recursos das atividades conforme categorias pré-estabelecidas (Figura 4), considerando-se os pacotes de trabalho e análise de restrições do planejamento de médio prazo.

Figura 4 – Exemplo de categorias dos recursos relacionados à segurança

Categoria	Exemplos de recursos
Treinamento	Integração de novos funcionários, treinamento nos planos de segurança, vídeos de treinamento.
Proteções coletivas	Plataformas de proteção, extintores de incêndio, medicamentos, fitas de segurança, guarda-corpos.
EPI	Capacetes, luvas, óculos de segurança, protetores auriculares, cintos de segurança, uniforme.
Projeto	Detalhamentos da execução de andaimes, detalhamento de sistemas de guarda-corpos, anotações de responsabilidade técnica dos projetos destas instalações.
Espaço	Áreas para estoque de materiais, negociação de áreas de trabalho livres de interferência das operações do cliente.

2.3.1.3 Ferramentas a nível de Curto Prazo (Operacional)

- I. Percentual de Pacotes de Trabalho Seguros (PPS): Indicador pro-ativo que avalia a confiabilidade do planejamento da segurança por meio da identificação de falhas nos pacotes de trabalho que possam levar a acidentes. Similarmente à dinâmica do indicador PPC, a análise do PPS deve ser realizada considerando-se o comparativo entre os aspectos previsto e realizado das atividades com necessidades de segurança planejadas. Durante a análise do PPS, um pacote de trabalho é considerado seguro quando todas as medidas preventivas forem realizadas conforme o planejado, evitando dessa forma, a ocorrência de acidentes, quase-acidentes, falhas e demais atos inseguros. Ainda, o cálculo do indicador PPS é feito por meio da relação entre o somatório de pacotes de trabalho seguros e o somatório total de pacotes de trabalho previstos para o período (semana). Uma planilha para a coleta do PPS é exemplificada pela Figura 5;

Figura 5 – Exemplo de planilha para análise do PPS

Obra: Laboratório de catálise			Observador: Diego		
Período de observação: 10h até 12h			Data: 10/09/01		
Seguro?					
Equipe	Pacotes de trabalho	Nº APP	Sim	Não	Problema
Pintura	Parede externa, escritório	APP 5		X	Falta de uso de óculos
MP	Colocação dos pilares 3, 4 e 5	APP 2	X		
Planos não associados a pacotes					
Construtora	Áreas de circulação comuns	APP 8	X		
Construtora	Central de fôrmas	APP 7	X		
Construtora	Central de armaduras	APP 6	X		

Fonte: Cambraia (2004)

- II. Adequação à NR-18: Indicador pro-ativo que pode ser verificado por meio de uma lista de checagem dos itens normativos. Considera-se que o cumprimento da norma seja um requisito mínimo, podendo ser uma prática alavancada pela cultura do PCS;
- III. Índice de Quase-acidentes: Indicador pro-ativo que analisa a ocorrência desses eventos no decorrer da obra. A sua identificação pode ser feita tanto pelo técnico de segurança como também por funcionários diretamente envolvidos nas atividades. Esses últimos, no entanto, necessitam ser orientados sistematicamente para que essa contribuição possa ser melhor aproveitada. A avaliação dos eventos identificados pode ser feita por meio de uma matriz que auxilia na identificação dos casos de maior prioridade para ações corretivas, levando-se em consideração os critérios subjetivos apresentados pela Figura 6;

- IV. Índice de Acidentes: Este é um indicador reativo que apresenta o número de ocorrências desses eventos no decorrer da obra, sendo classificados entre as seguintes categorias: (a) acidentes com afastamentos de até 15 dias, (b) acidente com afastamento maior que 15 dias, (c) acidentes sem afastamento, ou seja, com retorno imediato ao trabalho e (d) acidentes com danos materiais;

Figura 6 – Matriz de parâmetros subjetivos para avaliação de riscos dos quase-acidentes

Probabilidade	Severidade				
	Muito alta - I	Alta - II	Moderada - III	Baixa - IV	Menor - V
Extremamente remota - A	Amarelo	Amarelo	Verde	Verde	Verde
Remota - B	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Verde	Verde
Improvável - C	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Verde
Provável - D	Vermelho	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Amarelo
Frequente - E	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Amarelo	Amarelo

Fonte: Cambraia (2004)

Considerando-se ainda o aspecto de integração entre a produção e a segurança, outros estudos mostraram que modelos de gestão da construção, nos quais se consideraram o planejamento e controle da segurança (PCS), obtiveram maiores vantagens em relação à competitividade e produtividade, além de reduzirem os riscos de acidentes de trabalho (SAURIN et al., 2005, ÁLVARES et al., 2018, MELO; COSTA, 2019, PENALÓZA et al., 2021).

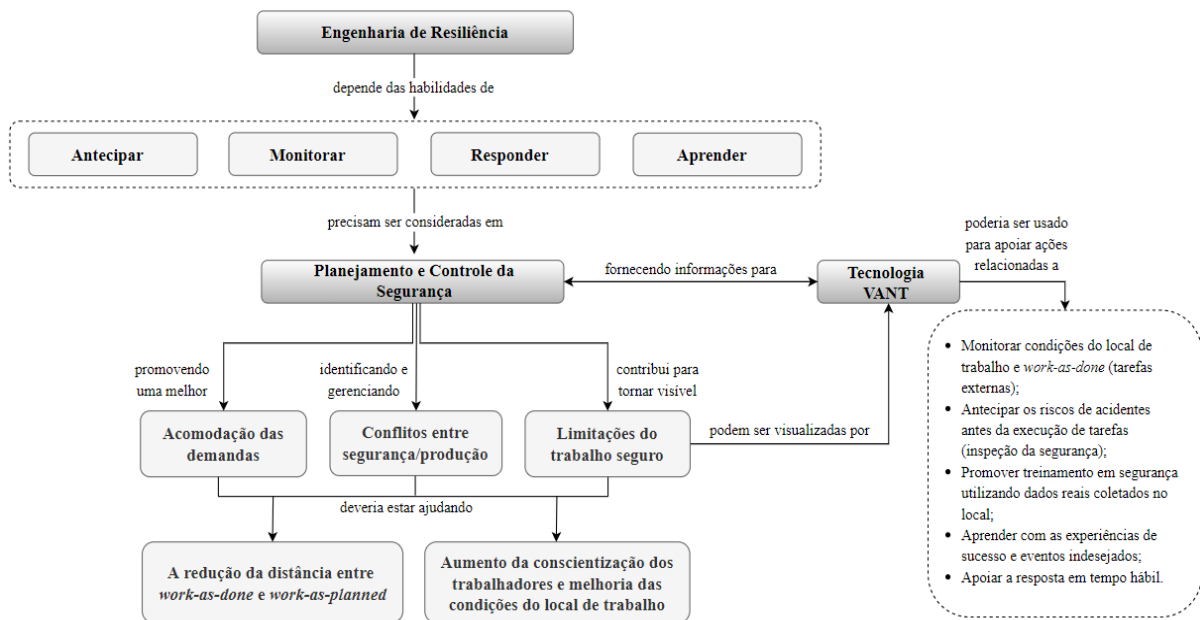
Destacando-se o trabalho de Melo e Costa (2019), os autores realizaram um estudo de caso com a finalidade de explorar as ações do planejamento e controle de segurança em uma obra horizontal, utilizando, ainda, o suporte tecnológico da tecnologia VANT na parte de monitoramento e controle, além de princípios da Engenharia de Resiliência (HOLLNAGEL, 2014). Como resultados, o estudo apresentou um *framework* teórico destacando a relação entre a produção e a segurança, as oportunidades para o uso das imagens feitas com *drone* em relação à redução de conflitos desses constructos e, ainda, aspectos da Engenharia de Resiliência para auxiliar na redução de riscos.

A Figura 7 mostra o modelo de PCS proposto por Melo e Costa (2019) e os *insights* observados em sua pesquisa.

Vale ressaltar que no mesmo estudo de Melo e Costa (2019), os autores destacaram que a falta de integração entre a produção e a segurança foi uma limitação na obra utilizada como estudo de caso, o que ocasionava atrasos no cronograma e aumento das condições inseguras no canteiro, pois as restrições de segurança não eram tratadas em tempo hábil e em conjunto com os problemas da produção. Observações práticas como estas só reforçam que a implementação da gestão integrada entre

a produção e a segurança ainda se mostra um processo lento e pouco consolidado (SAURIN et al., 2002, CAMBRAIA, 2004, RAZURI, 2007).

Figura 7 – Modelo de Planejamento e Controle da Segurança com aplicação do VANT



Fonte: Adaptado de Melo e Costa (2019).

A principal contribuição do estudo citado anteriormente (MELO; COSTA, 2019) foi a utilização de uma tecnologia digital (VANT) para aprimorar a aplicação do PCS. Assim como esse, outros estudos também abordam a relevância de atrelar tecnologias (ferramentas tecnológicas, sistemas, equipamentos e outros) aos processos de planejamento e controle da produção (ALVARES et al., 2018, BRIOSO et al., 2016) e da segurança (ANDOLFO; SADEGHPOUR, 2016, GUO et al., 2018, RODRIGUES et al., 2020), embora seja conhecido que essa última ainda se mostra um assunto secundário na literatura de gestão da construção (BROWN, 1996, SAURIN, 2002, MELO; COSTA, 2019).

2.4 Tecnologias digitais em apoio à produção e à segurança

Toledo et al. (2000) comenta que a natureza da construção civil e suas peculiaridades constituem obstáculos para a adoção de inovações tecnológicas que venham auxiliar o desempenho da produção neste setor. No entanto, com o avanço tecnológico em crescimento nos diversos outros setores econômicos, a indústria da construção também iniciou, ainda que lentamente, um processo de adoção de novas tecnologias em seus diferentes departamentos, visando evoluir suas atividades tradicionais (CRAVEIRO et al., 2019; FORCAEL et al., 2020; TAY et al., 2017; WIDYATMOKO, 2020).

A literatura mais atual tem abordado o conceito da Construção 4.0, um movimento que implicou em uma revolução para se aumentar a conectividade nos processos da construção civil. Essa transição digital teve razões relevantes para existir, como por exemplo, elevar os níveis de produtividade, qualidade e segurança nos canteiros de obras, além de minimizar os impactos ao meio ambiente (WIDYATMOKO, 2020).

A adoção de novas tecnologias como parte do conceito de construção 4.0 mostra-se uma estrutura de trabalho transformativa, onde suas formas de atuação se estendem aos seguintes aspectos: industrialização da construção, sistemas ciber-físicos (*cyber-physical system*) e tecnologias digitais (FORCAEL et al., 2020). Ainda de acordo com o mesmo autor, sistemas ciber-físicos podem ser associados a automação, robótica, sensores, Internet das Coisas (*internet of things* - IoT), construção *off-site* (remota), dentre outras. Já as tecnologias digitais podem ser exemplificadas por BIM (*building information modeling*), ambientes de compartilhamento de dados e informações (nuvem), VANT (veículos aéreos não tripulados), câmeras 360 graus, Inteligência Artificial, sistemas *laser scanning*, impressão 3D, entre outras.

Vale ressaltar que, como frisou Oesterreich e Teuteberg (2016), a inclusão de novas tecnologias no ambiente da construção exige mudanças de organização, gestão e de processos, que geralmente podem ajudar na solução de dificuldades a longo prazo. Desta forma, essa abordagem pode ser direcionada à utilização de tecnologias voltadas para administração, projetos, produção e segurança, sendo adaptáveis aos diferentes cenários da construção civil (OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016).

Sepasgozar et al. (2019) apresentam tecnologias digitais aplicáveis à construção civil organizadas em grupos: (i) tecnologias de projeto, onde se inclui o BIM; (ii) tecnologias de controle do local de trabalho, como RFID (*Radio Frequency Identification*), sensores IoT, *scanners* a laser e câmeras para monitoramento de produtividade e segurança; (iii) tecnologias de produção, como exemplo a impressão 3D; e (iv) tecnologias auto dependentes, que são GPS, dispositivos de controle remoto e sistemas de diagnóstico embutidos em equipamentos pesados (ex.: guindaste).

Já Schönbeck et al. (2020) analisaram dois grupos principais de tecnologias associados aos projetos de construção, que foram: (1) informação e comunicação e (2) automatização e industrialização da construção, nos quais se englobam as tecnologias citadas anteriormente por Sepasgozar et al. (2019). Para os referidos autores, a utilização dessas tecnologias e a elaboração de produtos baseados em evidências, com o uso de dados digitais, podem mudar o cenário de operações da Arquitetura e Engenharia Civil (AEC), otimizando produção, qualidade e funcionalidade.

Dentro desse contexto, o estudo de Widyatmoko (2020), faz uma abordagem sobre o uso de BIM como uma importante ferramenta de transformação digital, pois promove o aumento do trabalho colaborativo dentro de uma mesma plataforma digital, o qual ainda pode atingir diferentes níveis de

maturidade (0 até 3), dependendo da finalidade e da aplicação em projetos. Este mesmo autor apresenta os potenciais de aplicação do BIM em projetos de construção de obras rodoviárias, que basicamente congregam a melhoria de qualidade e segurança. Rodrigues et al. (2020) também exploraram as funcionalidades do BIM em projetos de construção com foco em segurança das operações. Os autores desenvolveram modelos 3D associados à uma base de dados sobre segurança para reduzir riscos ocupacionais relacionados a quedas em alturas.

Wen e Gheisari (2020) analisaram mais de 40 pesquisas sobre aplicações de realidade virtual (RV) na construção, como um dos métodos de comunicação dentro do domínio da Construção 4.0, buscando entender como esse recurso influenciará a digitalização e as formas de comunicação em projetos futuros. Estes autores concluíram que o uso de RV mostra-se promissor em melhorar a comunicação sob vários aspectos, dentre eles: inspeção da construção, gestão de recursos, treinamentos em segurança e projetos.

Já no trabalho de Danel et al. (2021), uma análise de produtividade em um canteiro de obras da França foi realizada coletando-se dados das atividades de um guindaste. O equipamento utilizava sistema anti-colisão, sensores de captura e registro de dados (*datalogger*) que monitoravam as operações de movimento (vertical e horizontal) e cargas transportadas, promovendo melhorias na produtividade e também na segurança. No entanto, apesar dos referidos autores mostrarem boas performances em indicadores destes aspectos (produção e segurança), eles não obtiveram sucesso na comparação desses dados com outros estudos da literatura, devido a questões particulares da obra analisada.

Sabe-se, ainda, que a utilização de tecnologias digitais na construção civil tem objetivos relacionados à redução de perdas. O estudo de Lekan et al. (2020), por exemplo, buscou, dentro da abordagem do *Lean Construction* (KOSKELA, 1992), encontrar relações entre o aumento da produtividade, a redução de perdas e a melhoria da gestão de recursos por meio da inclusão tecnológica. Através de uma pesquisa com 100 profissionais da construção civil, estes autores mostraram que a relação entre *Lean* e o uso de diferentes tecnologias digitais convergiram para a metodologia *Lean Seis Sigmas* (*lean six sigma*), a mecanização de processos (*lean machine*) e automação, ampliando a verificação de valor para os clientes finais. O uso do BIM também foi relacionado ao princípio da Construção Enxuta em trabalhos como os de Sepasgozar et al. (2021) e Andriasyan et al. (2020), mostrando que a sinergia entre esses conceitos ainda é pouco explorada, mas que pode auxiliar com um processo de comunicação de forma mais integrada e trazer maiores benefícios eficiência às operações dos canteiros.

Rodrigues et al. (2020) reforçaram o grande potencial do uso de BIM na criação de modelagem paramétrica para monitoramento e redução de riscos à saúde ocupacional nos canteiros de

obras. Ainda, o aumento da colaboração, criatividade e inovação entre os trabalhadores, redução da fadiga a partir da automação e dos tempos de espera também são exemplos de oportunidades adquiridas com o fenômeno da Construção 4.0 (ADEPOJU; AIGBAVBOA, 2020).

Especificamente sobre a operacionalização dos processos de PCP e PCS, o estudo de Melo e Costa (2019) avaliou o uso de tecnologias digitais como o VANT e o BIM em apoio a inspeções da produção e de segurança. Segundo os referidos autores, essas tecnologias introduzem maior automação nos canteiros de obras, aumentam a capacidade de monitoramento e reduzem custos com retrabalhos ou falhas humanas, corroborando estudos como o de Craveiro et al. (2019).

Ainda sobre o trabalho de Melo e Costa (2019), o estudo propôs uma estrutura conceitual de apoio ao PCS em que o VANT deu suporte às ações de controle empregadas. O potencial de visualização do equipamento auxiliou no monitoramento tanto de itens da segurança como dos processos críticos da produção. De acordo com os referidos autores, com a aplicação do recurso tecnológico foi possível facilitar a compreensão dos limites de trabalho seguro, auxiliar os gestores durante a tomada de decisões e reduzir lacunas de acompanhamento do dia a dia de trabalho.

Da mesma forma, Lima (2021) avaliou o uso do VANT para auxiliar o PCS e, também, na verificação das medidas de combate à COVID-19 em um canteiro de obras da Bahia, nordeste brasileiro. No estudo citado, a tecnologia mostrou-se eficiente no acompanhamento irregularidades da segurança e no apoio ao planejamento da produção.

Já Álvares et al. (2018) desenvolveram um estudo com a aplicação do VANT para realizar a modelagem 3D de dois empreendimentos em construção, por meio das imagens coletadas. O método foi proposto para auxiliar o controle da produção e o gerenciamento da obra, uma vez que permitiu a visualização do progresso e a tomada de decisão sobre fluxos no canteiro de obras analisado. Os referidos autores apontaram ainda que a utilização das imagens do VANT para a construção de modelos 3D permitiu uma visão ampla dos processos de produção da obra (gestão visual), da logística de produção e o acompanhamento de serviços críticos como revestimento das fachadas.

Outros estudos têm abordado a utilização de imagens para apoiar gerenciamento da construção, como por exemplo Grosskopf et al. (2019), que apresentaram uma metodologia para auxiliar a elaboração de *as built* a partir das imagens de uma Câmera 360 graus. Segundo esses autores, essa tecnologia promove uma imersão visual nos ambientes analisados e, pelo fato de permitir uma maior área de abrangência por imagens capturadas, a coleta de dados e representação do *as built* se torna mais produtiva, além de reduzir o tempo de vistorias em campo. Outro exemplo é o estudo de Dlesk et al. (2019), que utiliza, também, uma Câmera 360 graus para gerar mapas de fotogrametria e nuvem de pontos que auxiliaram na criação de modelos 3D. Os referidos autores realizaram testes em apenas um ambiente (uma sala), mas demonstraram que esta tecnologia, associada a softwares específicos para

tratamento de imagens e modelagem 3D (BIM), representa uma maneira mais econômica de se trabalhar com estudos fotogramétricos de ambientes internos.

Uma interessante abordagem sobre o uso de tecnologias digitais é analisada, também, no estudo de Guo et al. (2017), sendo o foco da sua pesquisa direcionado para a gestão da segurança na construção civil. Os referidos autores apresentaram uma Revisão Sistemática da Literatura orientada por mais de 120 publicações, distribuídas entre cinco bases de dados acadêmicos consideradas de grande relevância e considerando-se, ainda, o período de 2000 a 2016 (16 anos). Como contribuições, o estudo citado apontou 15 categorias tecnológicas adotadas no processo de gestão da segurança, conforme apresentado pela Tabela 1, sendo o SLTR-AP (Sistemas de localização em tempo real e aviso de proximidade) e o BIM as tecnologias mais encontradas na literatura selecionada. Vale ressaltar que a maioria das publicações analisadas pelos referidos autores ocorreram em países desenvolvidos como Estados Unidos, China e Austrália. Ainda, nenhuma publicação brasileira acerca do uso de tecnologias digitais foi encontrada naquele período.

Tabela 1 – Tecnologias Digitais aplicadas à gestão da segurança

Tecnologias Digitais (Categorias)		Publicações 2000 a 2016	%
SLTR-AP	Sistemas de localização em tempo real e aviso de proximidade	40	31%
BIM	<i>Building Information Modeling</i>	30	23%
RA	Realidade aumentada	11	9%
RV	Realidade virtual	10	8%
TG	Tecnologia de jogos	9	7%
SGSE	Sistemas eletrônicos de gerenciamento da segurança	6	5%
TRBC	Tecnologia de raciocínio baseado em casos	4	3%
TRBR	Tecnologia de raciocínio baseado em regras	4	3%
SM	Sensores de movimento	3	2%
RA/RO	Sistemas de reconhecimento de ação/objeto	3	2%
LS	<i>Laser scanning</i>	3	2%
SMF	Sistemas de monitoramento de status fisiológico	2	2%
PV	Prototipagem virtual	2	2%
SIG	Sistemas de informações geográficas	1	1%
RSO	Rede de sensores onipresentes	1	1%
Total		129	100%

Fonte: Adaptado de Guo et al. (2017).

De fato, diante das deficiências inerentes ao setor da construção civil, i.e., incerteza, variabilidade, baixa produtividade, desqualificação da mão-de-obra, dentre outras (JACOMIT, 2010), as oportunidades para aplicação de tecnologias digitais permeiam neste cenário como alternativas tecnológicas para elevar a qualidade do processo de gerenciamento no setor. Beddiar et al. (2019) complementam que essas tecnologias, quando empregadas na construção, além de otimizarem as

operações dos canteiros de obra, podem melhorar a competitividade, o atendimento aos prazos e os serviços oferecidos aos clientes.

A literatura mostra, ainda, que a inclusão da digitalização em diferentes fases da construção pode auxiliar os gestores durante a pré-construção, no planejamento digital e inteligente ou em processos eletrônicos de licitação, durante a construção, por meio da gestão de contratos, projetos ou da produção em meio digital (plataformas integradas, BIM, equipamentos de monitoramento real e outros), e ainda, na pós-construção, com o requerimento de registros digitais para as *built* (JAHANGER et al., 2021).

Em contrapartida, ainda que diversas aplicações de tecnologias mostrem benefícios em diferentes aspectos da construção civil, alguns autores demonstram homogeneidade acerca das lacunas existentes ao tentar se aderir às tendências dessa transformação digital. Os desafios para a maior parte do setor podem ser resumidos em: base de desenvolvimento tecnológico ainda pouco sólida, menor percentual de trabalhadores qualificados, cultura organizacional não orientada para a inovação, baixa interdisciplinaridade entre processos, dificuldade de espaços físicos para algumas tecnologias (ex.: *3D printing*), resistência às mudanças radicais de gestão e às inovações tecnológicas, falta de conhecimento técnico sobre algumas soluções, custos elevados, dentre outros (FORCAEL et al., 2020, SCHÖNBECK et al., 2020; MECHTCHERINE et al., 2020).

2.5 Considerações finais do capítulo

Durante a revisão da literatura apresentada nesta seção, abordaram-se conceitos importantes para o desenvolvimento deste estudo, tais como: os elementos básicos dos modelos de PCP e PCS já difundidos, o contexto da COVID-19 na construção civil e alguns dos seus impactos percebidos em aspectos da produção e da segurança, bem como o uso de tecnologias digitais para a melhoria de controle dos processos na indústria da construção. O contexto teórico mostrou que a integração entre a produção e a segurança na construção civil ainda pode ser aprimorada a partir de aprofundamentos em suas relações teórico-práticas, e mais ainda se considerada a atuação operacional de algumas tecnologias digitais durante a formalização dessa abordagem colaborativa.

O aumento da incerteza e as novas dificuldades que ocorreram à construção civil durante o período de pandemia de COVID-19 também potencializam a necessidade de se buscarem soluções tecnológicas que possam tornar o controle da produção e da segurança mais eficaz e integrado, principalmente em situações adversas semelhantes à crise sanitária citada.

3 METÓDO DE PESQUISA

Esta seção apresenta os procedimentos metodológicos deste trabalho. Para tal, as subseções que se seguem, mostram o seu enquadramento metodológico e o delineamento. O enquadramento se encarrega de classificar o estudo com base em teorias sociais sobre métodos e técnicas de pesquisa existentes, enquanto o delineamento apresenta as suas fases, estratégia e formas de coleta e análise de dados, de acordo com as questões de pesquisa (FERREIRA; TORRECILHA; MACHADO, 2012).

Ressalta-se que esse estudo foi desenvolvido no âmbito de um projeto de pesquisa intitulado “Controle de propagação do vírus SARS-Cov-2 em canteiros de obras com base em ações de segurança e saúde do trabalho e planejamento e controle da produção baseado em localização”, financiado pelo CNPq e realizado por meio de uma parceria entre as Universidades Federais do Ceará (UFC) do Rio Grande do Sul (UFRGS), da Bahia (UFBA) e a Faculdade Meridional de Passo Fundo (IMED). Tendo em vista a realização de entrevistas durante algumas fases do referido projeto, um parecer emitido pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) pode ser visualizado no Anexo 1.

Da mesma forma, buscou-se o sigilo e a confidencialidade das informações coletadas durante esse estudo, sendo o tratamento dos dados oriundos tanto por meio das entrevistas como de imagens adquiridas via tecnologias digitais, realizado de acordo com as determinações da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD).

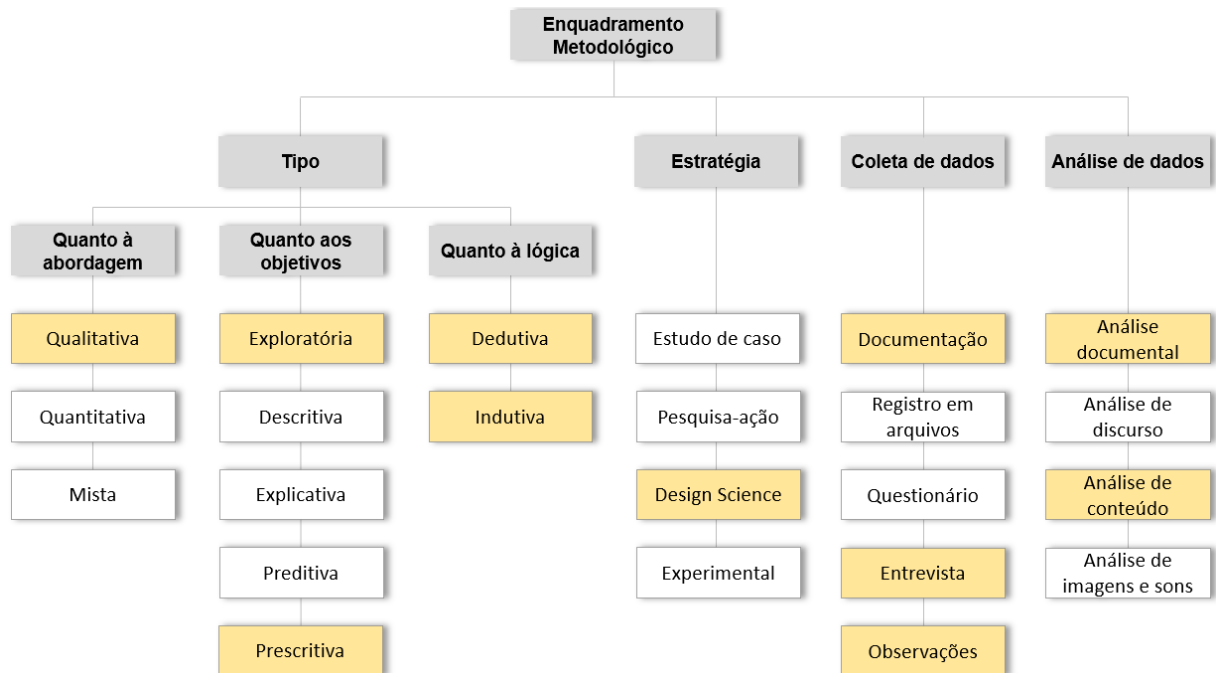
3.1 Enquadramento metodológico da pesquisa

A Figura 8 apresenta o resumo de algumas classificações dos métodos de pesquisa conforme pressupostos teóricos existentes (CÂNDIDO, 2015) e aponta o enquadramento metodológico do presente estudo.

3.1.1 *Classificação da pesquisa e estratégia adotada*

Esta dissertação empreende uma abordagem de pesquisa qualitativa, ou seja, preocupa-se com aspectos de determinada realidade, que não são necessariamente ligados à medidas mensuráveis (RICHARDSON, 2011). Nesse sentido, buscou-se conhecer informações contextuais relacionadas à integração entre os processos de PCP e PCS em empresas de construção e às formas de contribuição das tecnologias digitais em apoio à essa integração.

Figura 8 – Enquadramento metodológico da pesquisa



Fonte: do autor (2023).

A pesquisa qualitativa pode ser brevemente definida como uma compreensão detalhada dos significados e características de determinada situação, de acordo com a visão de seus entrevistados, e buscando-se uma correlação entre a observação e o esquema teórico (RICHARDSON, 2011).

Quanto aos seus objetivos, assume-se que o presente estudo possui um caráter exploratório e prescritivo (COLLIS E HUSSEY, 2005, RICHARDSON, 2011). De acordo com esses referidos autores, a pesquisa exploratória é utilizada em situações em que se tem pouca ou nenhuma informação sobre determinado problema investigado, o que pode ser observado neste trabalho, por ser realizado no ambiente da construção civil e inserido no cenário da pandemia de COVID-19, cujos estudos ainda são considerados incipientes (BSISU, 2020). Cândido (2015) reforça que a pesquisa exploratória também busca identificar possíveis desvios e deficiências quanto ao conhecimento teórico para aplicação do tema investigado.

Diante dessa problemática (implicações da COVID-19 na construção civil e necessidade de melhorias no sistema de PCS), foi necessário se buscar conhecimento em publicações científicas e orientações de Segurança e Saúde no Trabalho (SST) emitidas por entidades setoriais e o próprio governo. Ainda, entende-se que estudos sobre a integração entre o PCP e PCS diante dessa situação atípica são pouco explorados. Nesse sentido, a pesquisa exploratória se aplica, dentre outros fatores, por meio de observações e entrevistas realizadas com intervenientes que vivenciam o problema investigado, buscando-se informações sobre esse novo contexto e favorecendo o surgimento de padrões ou hipóteses para sua familiarização (COLLIS E HUSSEY, 2005).

Ainda, a atual pesquisa pode ser considerada como prescritiva, uma vez que, ao final, propõe o uso de um modelo teórico e faz recomendações técnicas que visam a otimização da tomada de decisão e melhoria do processo de PCS em cenários de estudo na construção civil. Esse tipo de análise recomendava geralmente se associa a conhecimentos gerenciais e de negócios para se alcançar melhores resultados (COLLIS E HUSSEY, 2005, CRESWELL, 2007, RICHARDSON, 2011).

Classifica-se o estudo, também, quanto a sua natureza lógica, seja ela indutiva ou dedutiva (COLLIS E HUSSEY, 2005). Considera-se indutiva a situação na qual se constrói o conhecimento a partir da observação de uma realidade empírica e inferências gerais são realizadas por meio de casos particulares e direcionados para um universo geral (COLLIS E HUSSEY, 2005). Por outro lado, esses mesmos autores consideram que, em pesquisas dedutivas, partindo-se de constatações mais gerais (conhecimentos, leis, informações e dados) pode-se examinar e compreender as relações que ocorrem em situações particulares.

Assim, a presente pesquisa enquadra-se tanto no método indutivo como no dedutivo, ou seja, classifica-se como abdução. Ela tem características indutivas por trabalhar em estudos de casos particulares para se compreender definições e conhecimentos gerais acerca do tema, mas também se caracteriza como dedutiva, pois desdobramentos da solução também são analisados para o entendimento de situações da rotina das empresas que participaram dessa pesquisa, o que caracteriza a utilização de conhecimento mais geral em casos particulares.

Já de acordo com os objetivos traçados para este trabalho, a estratégia de pesquisa adotada foi a *Design Science Research* (DSR). Segundo Lukka (2003), a técnica da DSR se refere à construção de conhecimento utilizada para produzir artefatos inéditos com o objetivo de solucionar problemas de contexto prático e dar uma contribuição teórica ao tema pesquisado.

Van Aken (2013, 2005) também descreve aspectos sobre a *Design Science Research* e afirma que o seu objetivo, quanto ciência, é desenvolver conhecimento para a solução dos problemas de campo. Para isso, o referido autor sugere uma análise e compreensão da natureza e das causas do problema, como forma de nortear o desenvolvimento da solução. Além disso, as etapas propostas para o método DSR são apresentadas adiante (LUKKA, 2003).

1. Identificar um problema com relevância prática e que tenha potencial para contribuição teórica;
2. Examinar o potencial de cooperação das organizações para investigação à longo prazo;
3. Obter compreensão profunda sobre o tópico investigado;
4. Desenvolver uma ideia de solução para o problema por meio de um artefato;

5. Implementar a solução e testar seu funcionamento;
6. Avaliar a aplicação prática da solução, demonstrando seu funcionamento;
7. Identificar e analisar a contribuição teórica da pesquisa.

A partir do objetivo central desta pesquisa, considera-se que o artefato, ou solução genérica (VAN AKEN, 2013), é a própria sistematização de um modelo incluindo o conjunto de proposições e aperfeiçoamentos nas relações entre seus constructos, que nesse caso são a segurança e a produção, e de forma que este possa ser aplicado dentro dos cenários de estudo (LUKKA, 2003). Na visão de Van Aken (2013), um modelo é uma intervenção genérica (ou sistema) que pode ser utilizada para abordar o tipo de problema em campo e sua solução.

Quanto à coleta de dados, entende-se esse processo como a aplicação dos instrumentos e técnicas de pesquisa selecionados para se obter as informações, recorrendo-se à análise de diferentes fontes de evidências como: documentos, entrevistas, questionários, observações, dentre outras (MARCONI; LAKATOS, 2010). Ressalta-se que a pesquisa bibliográfica também representa uma forma de se coletar dados, sendo utilizada como apoio ao conhecimento prévio do tema pesquisado em qualquer estudo (CÂNDIDO, 2015). Nesta pesquisa, a coleta de dados ocorreu, especificamente, por: pesquisa bibliográfica, coleta documental, entrevistas semiestruturadas e observações em campo.

Outro ponto importante é o processo de análise dos dados desta pesquisa, no qual foram consideradas duas formas primordiais: a análise de conteúdo e a análise documental. A análise de conteúdo, em caso de dados qualitativos, busca interpretar e estruturar uma compreensão representativa do conjunto de informações em determinada fonte para se fazerem inferências replicáveis a outras realidades (CHIZZOTI, 2011). A análise documental, por sua vez, tem por objetivo reconstruir fenômenos sociais a partir de documentos que precedem a pesquisa (RICHARDSON, 2011). Para tal, os documentos devem ser cuidadosamente selecionados, levando-se em consideração, dentre outros, o contexto no qual foram produzidos, a identidade e interesses de seus autores e a procedência desses documentos (CELLARD, 2010).

Nesta pesquisa, a análise de conteúdo foi aplicada para os dados adquiridos por meio das entrevistas e observações, enquanto a análise documental utilizada para os documentos e registros coletados no decorrer dos estudos empíricos, conforme serão detalhados durante a descrição desses estudos, no item 3.2.2. Vale ressaltar que esses procedimentos serão estruturados com base na literatura de Richardson (2011) buscando-se atingir o rigor científico necessário e a validade de seus resultados.

3.2 Delineamento da pesquisa

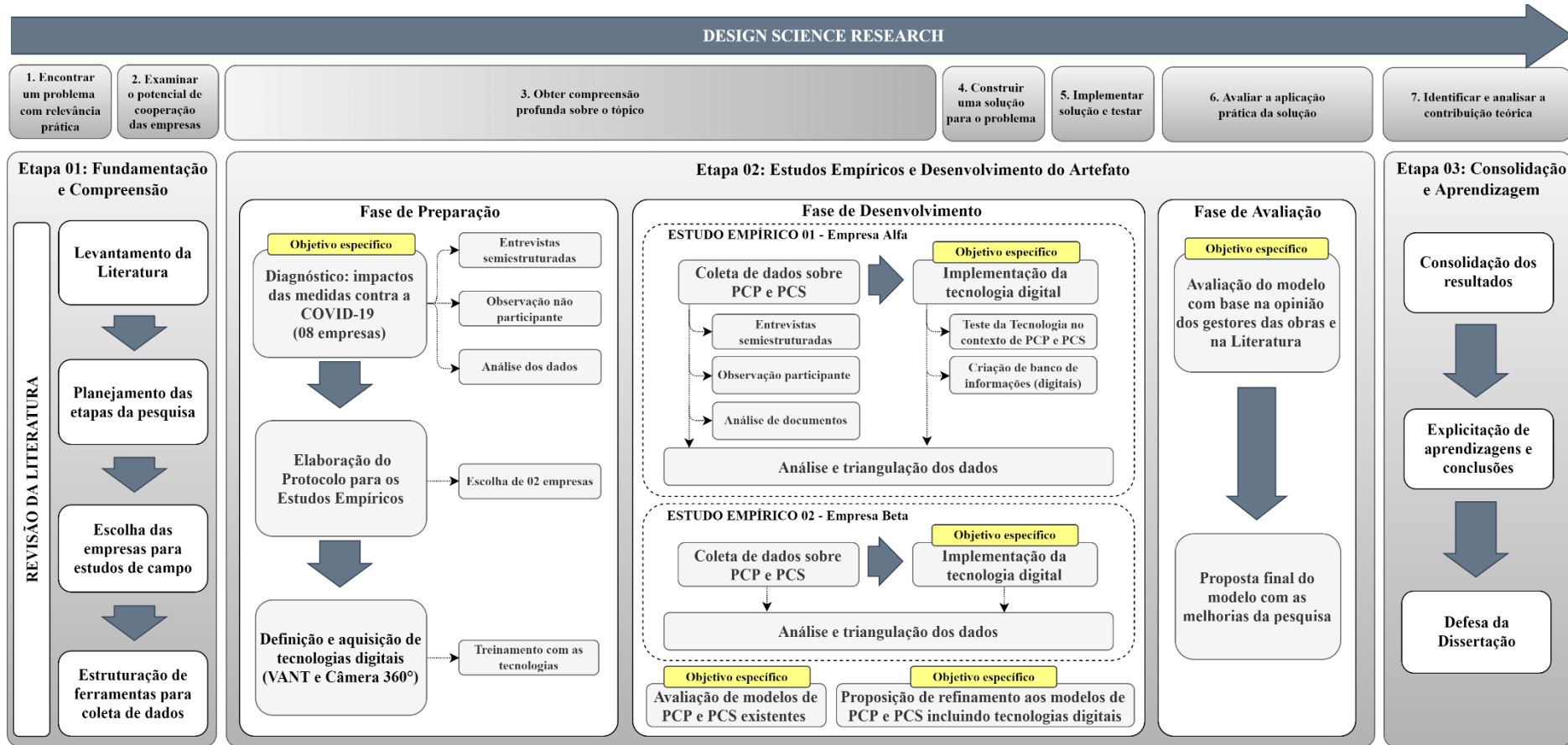
O desenvolvimento desta dissertação se deu por meio de três etapas, conforme se apresenta na Figura 9. Buscou-se, com isso, estruturar o delineamento da pesquisa com base nos seus objetivos, em sua natureza estratégica (sete princípios da DSR), bem como nas técnicas de coleta e análise de dados empregadas.

A primeira etapa compreendeu a fundamentação e compreensão, que envolveu as fases de levantamento e revisão da literatura, planejamento da pesquisa, escolha dos casos (organizações para estudos de campo) e estruturação das ferramentas para coleta de dados. Essa etapa inicial proporcionou o embasamento teórico necessário à estruturação e condução dos estudos empíricos e ao refinamento do modelo de integração entre o PCP e o PCS proposto (artefato).

Na segunda etapa foram realizadas a preparação e desenvolvimento dos estudos de campo, a elaboração do artefato e sua avaliação teórico-prática junto às empresas participantes. Já a última etapa compreendeu a análise e consolidação dos resultados, na qual são apresentadas as discussões, a contribuição teórica do modelo desenvolvido e as conclusões, buscando-se estabelecer relações com a teoria e trazer propostas para outros possíveis estudos.

No subitem que segue, as três etapas gerais aqui introduzidas são apresentadas detalhadamente e à luz dos princípios da DSR.

Figura 9 – Delineamento da Pesquisa



Fonte: do autor (2023).

3.2.1 **Fundamentação e compreensão**

Com a delimitação do tema de pesquisa, que se concentrou na integração entre o controle de produção e a segurança na construção civil, deu-se início ao levantamento de trabalhos relacionados às áreas de conhecimento, utilizando-se, como ferramentas de busca, o portal de periódicos da CAPES, além de repositórios acadêmicos *on-line* das Universidades Federais do Ceará e do Rio Grande do Sul, que possuem cursos de pós-graduação em gerenciamento da construção civil, também reconhecidos pela CAPES.

A partir desse levantamento realizado, iniciou-se a revisão da literatura por meio de artigos científicos, teses e dissertações, analisando-se inicialmente estudos com os temas: PCP, PCS e a integração da segurança ao controle de produção. Esses trabalhos foram relevantes para se conhecerem abordagens e modelos de integração pré-existentes, visando a identificação de novas proposições ou melhorias para a elaboração de um modelo aperfeiçoado.

Ainda nessa etapa, tendo em vista as implicações que a pandemia de COVID-19 trouxe para o contexto econômico, estudaram-se decretos governamentais e protocolos setoriais, que auxiliaram na compreensão específica das novas medidas de segurança e saúde adaptadas à construção civil. Portanto, buscaram-se publicações científicas sobre as dificuldades e desafios da COVID-19 na indústria da construção, entre elas Alsharef et al. (2021), Araya (2020) e Zheng, et al. (2021), visando-se aumentar a familiaridade com a nova realidade de trabalho imposta a este setor, além de se compreenderem outras necessidades para a integração entre o PCP e o PCS em um cenário de pandemia.

Além disso, a revisão bibliográfica da presente pesquisa também incluiu o estudo das aplicações de tecnologias digitais na construção civil, buscando-se relações com a integração entre o PCP e PCS e, ainda, compreender como essas ferramentas poderiam apoiar o controle da COVID-19 no setor. A partir dessa fundamentação teórica, algumas lacunas de conhecimento puderam ser identificadas, tornando possível se formular um problema relevante para o presente estudo, definir os objetivos e a estratégia de pesquisa adotada (DSR). Na ocasião da fundamentação teórica, o primeiro entre os sete princípios do DSR (definição de um problema com relevância prática) foi atendido e, em seguida, o planejamento das etapas seguintes deste estudo foi estruturado com base nos outros seis princípios, conforme já apresentado pela Figura 9.

Ainda, para se buscar oportunidades de pesquisa dentro desse estudo, em acordo com os objetivos traçados, foram selecionadas oito empresas construtoras localizadas na cidade Fortaleza, Ceará. Uma razão que qualificou a escolha da região de estudo foi o próprio acesso às empresas por parte do pesquisador, levando-se em consideração o período delicado de pandemia. Ressalta-se que o

segundo princípio da DSR, que diz respeito a examinar o potencial de cooperação na investigação à longo prazo nessas organizações, foi verificado pela disponibilidade e interesse dos seus gestores em participarem desta pesquisa.

Durante a definição dessas empresas, buscou-se uma representatividade no setor por meio da variação de contexto das suas obras para análise, ou seja, diferentes segmentos e sistemas construtivos empregados. O Quadro 7 apresenta uma caracterização das referidas organizações.

Quadro 7 – Caracterização das Empresas selecionadas

Empresa	Segmento	Sistema Construtivo
1	Alto Padrão (Residencial)	Concreto Armado e Alvenaria de Vedação
2	Alto Padrão (Residencial)	Concreto Armado e Alvenaria de Vedação
3	Alto Padrão (Residencial)	Concreto Armado e Alvenaria de Vedação
4	Padrão Popular (HIS)	Paredes de Concreto
5	Alto Padrão (Residencial)	Concreto Armado e Alvenaria de Vedação
6	Padrão Popular (HIS)	Alvenaria Estrutural
7	Comercial	Concreto Armado e Alvenaria de Vedação
8	Comercial	Concreto Armado e Alvenaria de Vedação

Fonte: do autor (2023).

Após a escolha das empresas, definiram-se as ferramentas a serem utilizadas para a coleta de dados, que foram basicamente: entrevistas semiestruturadas, observações e documentos. Para a primeira opção, os formulários de entrevistas utilizados durante as diversas entrevistas realizadas nesta pesquisa são apresentados em Apêndices (1 a 6). Os mesmos são referenciados e detalhados nos itens seguintes deste delineamento a medida em se fez necessário. Além das entrevistas, também são descritas as formas de coletas de dados por documentos e observações que foram empregadas durante os estudos empíricos, bem como a análise dos dados obtidos, realizada por meio dessas diferentes fontes.

3.2.2 Estudos empíricos e desenvolvimento do artefato

Essa etapa da pesquisa foi subdividida em três fases: (i) preparação dos estudos, (ii) desenvolvimento dos estudos e do artefato e (iii) avaliação da solução. A seguir, são detalhadas cada uma delas.

3.2.2.1 Preparação dos Estudos Empíricos

A fase de preparação para os estudos de campo compreendeu os seguintes procedimentos: (a) a análise, por meio de um diagnóstico, dos impactos das medidas de controle da COVID-19 aos processos de PCP e segurança nas empresas selecionadas (Quadro 7), (b) a elaboração de um

protocolo para orientar a realização de dois estudos empíricos, e (c) a definição e aquisição de tecnologias digitais para aplicação e avaliação durante esses estudos.

O diagnóstico (primeira sub-etapa) compreendeu um estudo realizado entre as oito empresas relacionadas anteriormente pelo Quadro 7, que ocorreu durante o período de agosto a novembro de 2020 (quatro meses) e teve como finalidades: (i) identificar as principais medidas de prevenção à COVID-19 adotadas nos canteiros de obras, (ii) a percepção de seus intervenientes sobre os impactos no desempenho da produção e da segurança e (iii) verificar se as empresas faziam o uso de alguma tecnologia para auxiliar o processo de controle da produção ou de monitoramento da segurança, inclusive dentro do contexto da COVID-19. Com isso, buscou-se atender ao primeiro objetivo específico desta pesquisa, que se concentrou em compreender os efeitos dessa nova realidade de trabalho (medidas de SST e restrições de distanciamento social) ao controle de produção e à gestão segurança nessas obras.

Para conduzir o referido estudo diagnóstico, utilizaram-se formulários de entrevistas em profundidade e semiestruturadas, elaborados pelo grupo NORIE/UFRGS (Núcleo Orientado para a Inovação na Construção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul) que foram testados por membros do referido grupo de pesquisa e, em seguida, discutidos entre pesquisadores da Universidade Federal do Ceará, no âmbito de um projeto de pesquisa já referenciado nesta seção de método. As entrevistas semiestruturadas foram empregadas por ser de interesse do pesquisador compreender, a partir da visão dos entrevistados, o fenômeno em estudo (RICHARDSON, 2011), no caso, as implicações das novas medidas de SST. Os roteiros utilizados durante essas entrevistas são apresentados no Apêndice 1 deste trabalho e uma caracterização deles se apresenta no Quadro 8.

Quadro 8 - Caracterização dos Roteiros de Entrevista do Diagnóstico

Roteiro	Partes	Descrição	Nº de questões	Nível de aplicação
1	I – Medidas de Segurança	Levantar informações sobre as medidas de segurança e distanciamento social nas obras	06	Estratégico (Diretores)
	II – Impactos na Produção	Identificar as implicações das medidas de segurança na produção, do ponto de vista de planejamento e gestão das equipes	04	
	III – Impacto no setor	Identificar a percepção sobre o setor após a adoção das medidas de prevenção à COVID-19	02	
		Total do roteiro I	12	
2	I – Medidas de Segurança	Identificar a visão do gestor e/ou técnico de segurança sobre os protocolos implementados nas obras, dificuldades e modificações do canteiro	14	Operacional (Gestores de obra e Técnicos de Segurança)
	II – Impactos na Produção	Identificar a percepção do gestor sobre as medidas de afastamento social e as implicações sobre o planejamento e a produtividade.	07	
		Total do roteiro II	21	
3	I – Medidas de Segurança	Identificar a percepção do operário sobre medidas de segurança e afastamento social, mudanças e cuidados adotados	07	Operacional (operários da obra)

Roteiro	Partes	Descrição	Nº de questões	Nível de aplicação
	II – Impactos na Produção	Identificar as implicações da pandemia sobre a produção, do ponto de vista de execução das atividades e dificuldades enfrentadas	05	
	III – Percepção geral sobre a COVID-19	Identificar a percepção geral do operário sobre a pandemia e sua segurança dentro do canteiro	02	
		Total do roteiro III	14	

Fonte: do autor (2023).

Ainda durante a operacionalização desse diagnóstico, o Diretor Técnico de cada uma das oito empresas participou da primeira rodada de entrevistas e designou uma obra, bem como os seus responsáveis (Gestores de obra e Técnicos em Segurança do Trabalho) para a continuação do estudo. A partir das obras indicadas, foi possível se caracterizar o seu porte (área construída), número de funcionários e, ainda, tipos de serviços em execução na ocasião da fase diagnóstica, conforme se apresenta no Quadro 9.

Quadro 9 – Caracterização das obras por empresas participantes

Empresa	Segmento	Sistema Construtivo	Área Construída (m ²)	Funcionários	Fase
1	Alto Padrão (Residencial)	Concreto Armado e Alvenaria de Vedação	26.340	210	Estrutura e Vedação
2	Alto Padrão (Residencial)	Concreto Armado e Alvenaria de Vedação	5.052	40	Vedação e Instalações
3	Alto Padrão (Residencial)	Concreto Armado e Alvenaria de Vedação	15.050	127	Estrutura e Vedação
4	Padrão Popular (HIS)	Paredes de Concreto	14.400	90	Estrutura e Instalações
5	Alto Padrão (Residencial)	Concreto Armado e Alvenaria de Vedação	5.532	87	Estrutura e Vedação
6	Padrão Popular (HIS)	Alvenaria Estrutural	33.600	183	Revestimento
7	Comercial	Concreto Armado e Alvenaria de Vedação	380	16	Acabamento
8	Comercial	Concreto Armado e Alvenaria de Vedação	5.494	40	Instalações e Revestimento

Fonte: do autor (2023).

Conhecendo-se os intervenientes por obras, foram realizadas, ao todo, 31 entrevistas para coleta de dados primários entre os membros da administração e operários das empresas. As entrevistas com Gestores (engenheiros da obra e técnicos de segurança) tiveram, cada uma delas, duração média de 30 minutos e foram conduzidas de maneira remota (*Google Meet*), tendo sido autorizadas suas gravações para posterior transcrição e análise.

De modo a se obter complementação e corroboração das informações obtidas durante a coleta primária de dados (RICHARDSON, 2011), realizaram-se visitas (observação não participante) aos canteiros de obras, buscando-se verificar se as medidas de SST estavam sendo efetivamente aplicadas e coletando-se dados referentes às práticas de higiene e distanciamento social. Com isso se buscou a

triangulação de dados e de métodos de coleta de dados (KLEIN, et al. 2018), visando-se aumentar a validade interna do estudo e reduzir a possibilidade de vieses inerentes ao caráter interpretativo da pesquisa qualitativa (CRESWELL, 2007, YIN, 2016). Segundo Yin (2016), para esse tipo de pesquisa a triangulação se refere ao processo de se cruzar formas de verificação para corroborar procedimentos ou descobertas.

As visitas presenciais aos canteiros duraram cerca de 40 minutos cada, onde se coletaram dados por meio de um *checklist* desenvolvido da mesma forma que os roteiros de entrevista (NORIE/UFRGS), e com base nas recomendações determinadas em decretos do governo. Esse protocolo de visita à obra encontra-se no Apêndice 2. Além disso, procedeu-se a realização de registros fotográficos dos canteiros visitados e, também, foram feitas entrevistas com equipes de produção, considerando-se dois operários por canteiro, escolhidos de forma aleatória. Ressalta-se que, em uma das empresas (Empresa 7), não foi concedido acesso ao canteiro devido às medidas restritivas da ocasião.

O Quadro 10 apresenta uma caracterização de todos os intervenientes entrevistados durante a sub etapa do diagnóstico descrita.

Quadro 10 – Perfil dos entrevistados por empresa

Empresa	Nível Estratégico	Operacional (Gestores)	Operacional (operários)
01	Diretor Técnico	Eng. Civil gestor da obra Coord. de Segurança	Mestre de obras e Encarregado inst.
02	Diretor Técnico	Eng. Civil gestor da obra Téc. de Segurança	Op. elevador e Bombeiro
03	Diretor Técnico	Eng. Civil gestor da obra Téc. de Segurança	Pedreiro e Gesseiro
04	Diretor Técnico	Eng. Civil gestor da obra Eng. de Segurança	Pedreiro e Servente
05	Diretor Técnico	Eng. Civil gestor da obra Téc. de Segurança	Aux. eletricista e Pedreiro
06	Diretor Técnico	Eng. Civil gestor da obra Téc. de Segurança	Ferreiro e Aux. ferreiro
07	Diretor Técnico	Eng. Civil gestor da obra Téc. de Segurança	<i>Não realizada</i>
08	Diretor Técnico	Eng. Civil gestor da obra Téc. de Segurança	Ferreiro e Aux. Ferreiro
Total	8 Diretores	8 Eng. de obra 1 Coord. de Segurança 7 Téc. de Segurança	7 equipes (14 operários)

Fonte: do autor (2023).

De posse desses dados, a sua análise de deu por meio de uma análise de conteúdo. Para tanto, foram trabalhadas três etapas principais, conforme proposto por Richardson (2011): (1) pré-análise; (2) exploração do material; (3) tratamento dos resultados, inferência e interpretação. Ainda, para analisar as principais medidas de combate a COVID-19, foram adotadas as categorias já apresentadas

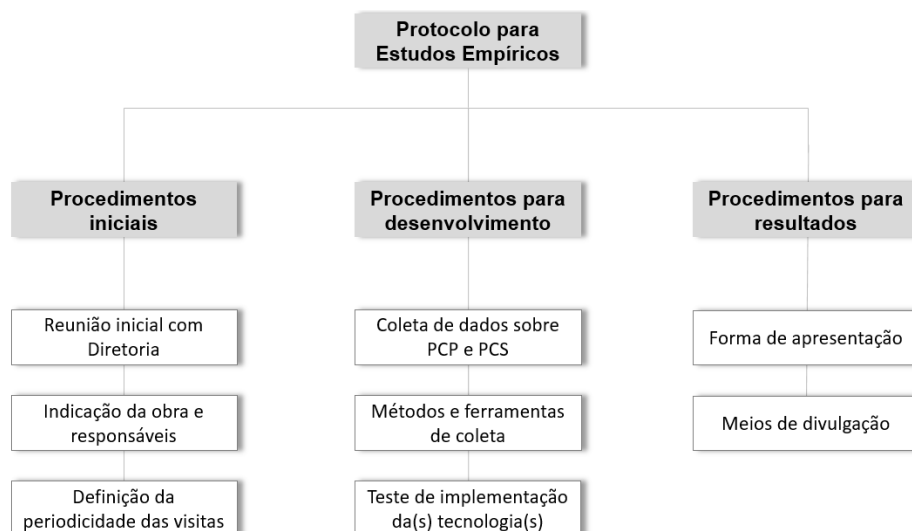
no referencial teórico propostas por Bruin et al. (2020) resumidas em: restrições socioeconômicas; restrições de mobilidade; distanciamento físico; medidas de higiene; de conscientização e controle.

As informações e inferências obtidas com a realização do diagnóstico descrito, bem como as compreensões teóricas realizadas durante a etapa inicial da pesquisa (Fundamentação e compreensão), foram relevantes para o planejamento e condução de estudos empíricos, tendo como base os objetivos deste trabalho.

Vale destacar que, diante da estratégia de pesquisa adotada como a DSR, os estudos empíricos buscaram atender ao seu terceiro princípio: “obter compreensão profunda sobre o tema pesquisado” (LUKKA, 2003). Corroborando com esse autor, Yin (2016) afirma que a realização de estudos empíricos corresponde, em sua forma mais simples, a: definir algo para estudar; coletar dados relevantes; analisar e interpretar os resultados; e tirar conclusões com base nos resultados empíricos. A partir desta definição, preconiza-se a necessidade de um planejamento das suas etapas para se obterem resultados válidos e consistentes (YIN, 2015).

Destarte, um protocolo específico para a realização desses estudos empíricos foi elaborado de acordo com os pressupostos da literatura (YIN, 2015) e compreendeu os procedimentos para a sua condução, a proposição de métodos e ferramentas para a coleta dos dados, bem como a forma de apresentação dos resultados. O Apêndice 7 apresenta o protocolo utilizado e a Figura 10 mostra uma sumarização da sua estrutura.

Figura 10 – Estrutura do Protocolo de Estudos Empíricos



Fonte: do autor (2023).

De posse do referido protocolo, selecionaram-se duas empresas potenciais nas quais poderiam ser realizados os estudos empíricos. A escolha se deu entre as empresas da relação já apresentada no Quadro 9, que contribuíram com a parte diagnóstica do estudo sobre o combate à

COVID-19. Foi realizado, portanto, um contato via telefone com os diretores técnicos dessas duas empresas, quando se confirmou a participação e continuação da pesquisa. Vale ressaltar que a escolha das duas empresas levou em consideração, ainda, fatores como: (i) conveniência, ou seja, apostando-se naquelas que se propuseram a participar da continuação desta pesquisa, (ii) segmento de mercado das obras analisadas, buscando-se manter uma mínima representatividade do setor e (iii) viabilidade de utilização das tecnologias digitais estipuladas para o estudo, ferramentas estas apresentadas mais adiante neste item de delineamento. O Quadro 11 apresenta as empresas escolhidas para a realização dos estudos empíricos.

Quadro 11 – Caracterização das empresas participantes

Empresa	Tempo de mercado	Segmento
3	Mais de 40 anos	Edifícios residenciais e comerciais de alto padrão
4	35 anos	Construções Habitacionais de Interesse Popular (HIS)

Fonte: do autor (2023).



Observa-se que as Empresas 3 e 4, que se configuraram nos cenários dos estudos analisados, apresentaram variação em seus segmentos de obras. Uma trabalha com empreendimentos residenciais de alto padrão e a outra constrói Habitações de Interesse Social (HIS). Essas duas organizações serão tratadas neste estudo, a partir de então, como Empresas Alfa e Beta, conforme apresentado no delineamento da pesquisa (Figura 9). Outros detalhes sobre essas empresas e suas obras serão descritos no item 3.2.2.2, que trata sobre o desenvolvimento dos estudos.

Uma vez definidos esses campos para pesquisa, partiu-se para a escolha das tecnologias digitais que poderiam ser avaliadas nesses canteiros de obras. Optou-se por integrar, neste estudo, tecnologias com potencial de monitoramento por imagens, ou seja, o VANT e a Câmera 360 graus, tendo em vista o contexto e objetivos dessa pesquisa. Além disso, uma das lacunas identificadas no referencial teórico foi sobre o uso incipiente das referidas tecnologias com vistas à operacionalização da integração entre os aspectos de produção e segurança ou no suporte à construção civil diante da pandemia de COVID-19 (LIMA, 2021). Vale destacar que a aquisição desses equipamentos foi possibilitada pelo suporte financeiro do projeto de pesquisa mencionado anteriormente nesta seção de método. A Figura 11 apresenta um resumo técnico das tecnologias adotadas.

Em seguida, iniciaram-se as seções de treinamentos do autor com esses equipamentos, que ocorreram por meio de testes realizados com o VANT e a Câmera 360 dentro dos limites do campus da Universidade Federal do Ceará (UFC). O objetivo foi garantir o aperfeiçoamento do pesquisador com o uso dessas tecnologias, visto que o mesmo não havia tido contato com essas ferramentas antes do início da presente pesquisa, razão esta que levou a um período de treinamento maior do que o esperado.

Portanto, o processo que compreendeu a aquisição e o treinamento com as tecnologias foi realizado durante o período de janeiro a março de 2021 (dois meses).

Figura 11 – Descrição técnica das tecnologias adotadas

EQUIPAMENTO	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
	<p>RICOH TETA V</p> <p>Dimensões externas: 45,2 x 130,6 x 22,9 (mm); Peso da câmera: 120g; Desempenho de imagem: 5376 x 2688 pixels; Desempenho de vídeo: 4K - 3840 x 1920 pixels; Máximo de gravação contínua: 25 minutos; Memória interna: 19GB (4800 fotos ou 40min de vídeo). Fonte: https://theta360.com</p>
	<p>DJI PHANTOM 3 SE</p> <p>Peso da Aeronave: 1,2Kg; Velocidade máxima de voo: 16m/s; Tempo máximo de voo: aproximadamente 25 minutos; Voltagem de bateria: 15,2V; Potência nominal da bateria: 100W; Frequência de operação do controle remoto: 2,400 – 2,483 GHz; Alcance máximo do controle: até 4km; Câmera: 12M pixels; Modo de gravação de vídeos: 4K – 3840 x 2160 pixels. Fonte: https://www.dji.com</p>

Fonte: do autor (2023).

3.2.2.2 Desenvolvimento dos Estudos Empíricos e da solução

Esta fase compreendeu o desenvolvimento dos estudos empíricos que auxiliaram o processo de elaboração da solução (modelo de integração entre o PCP e o PCS refinado) proposta por essa pesquisa. Para o delineamento desses estudos, conforme já mencionado, seguiram-se as etapas do protocolo apresentado no Apêndice 7.

Destarte, dois estudos empíricos foram realizados (Empresa Alfa e Beta), visando-se compreender detalhadamente os aspectos referentes ao PCP e à segurança aplicados nos casos, e buscando-se, ainda, identificar potencialidades e deficiências para sua integração, bem como possibilidades de melhorias com a aplicação das tecnologias digitais. O desenvolvimento desses estudos é descrito em seguida.

Inicialmente, uma reunião foi realizada com Diretor técnico da empresa, na qual foram explicados os objetivos do estudo de caso e discutidos: (a) definição das obras para pesquisa, (b) responsáveis técnicos que participariam das entrevistas e (c) periodicidade de visitas *in loco* para a coleta de dados. Esse mesmo procedimento inicial foi realizado para os dois estudos empíricos.

Ainda na reunião inicial descrita, o Diretor de cada empresa contribuiu com algumas informações sobre a caracterização da obra escolhida para o estudo, que foram coletadas por meio de

um roteiro de perguntas semiestruturado, apresentado no Apêndice 3. A Figura 12 resume as características das obras objeto de estudo, que são comentadas em seguida.

Figura 12 – Caracterização das Obras e Empresas

OBRA	CARACTERIZAÇÃO
 <p data-bbox="411 999 646 1025">(a) 1° Estudo empírico</p>	<p data-bbox="858 477 1007 504">Empresa: Alfa</p> <p data-bbox="858 515 1230 542">Tempo de atuação: mais de 40 anos</p> <p data-bbox="858 553 1390 611">Segmento: Edifícios residenciais e comerciais de alto padrão</p> <p data-bbox="858 622 1398 741">Obra analisada: Edifício residencial com uma Torre, 22 pavimentos tipo (dois Subsolos; Térreo; Mezanino; 2° ao 21° Pavimentos e Coberta) e dois apartamentos por andar, totalizando 40 apartamentos ao todo.</p> <p data-bbox="858 752 1377 810">Sistema Construtivo: Concreto armado e Alvenaria de vedação</p> <p data-bbox="858 822 1177 848">Previsão de entrega: Mar/2022</p> <p data-bbox="858 860 1214 887">Localização da obra: Fortaleza-CE</p> <p data-bbox="858 898 1142 925">Área construída: 15.050 m²</p> <p data-bbox="858 936 1107 963">N° de funcionários: 180</p> <p data-bbox="858 974 1134 1001">Fase da obra: Acabamento</p>
 <p data-bbox="416 1536 646 1563">(b) 2° Estudo empírico</p>	<p data-bbox="858 1059 1015 1086">Empresa: Beta</p> <p data-bbox="858 1097 1150 1124">Tempo de atuação: 35 anos</p> <p data-bbox="858 1135 1342 1193">Segmento: Construções habitacionais populares (HIS)</p> <p data-bbox="858 1205 1350 1323">Obra analisada: Conjunto habitacional com três Blocos de cinco pavimentos tipo (Térreo + 4) e 16 apartamentos por andar, totalizando 235 apartamentos ao todo</p> <p data-bbox="858 1335 1294 1361">Sistema Construtivo: Paredes de concreto</p> <p data-bbox="858 1373 1177 1400">Previsão de entrega: Dez/2021</p> <p data-bbox="858 1411 1214 1438">Localização da obra: Fortaleza-CE</p> <p data-bbox="858 1449 1142 1476">Área construída: 14.400 m²</p> <p data-bbox="858 1487 1098 1514">N° de funcionários: 50</p> <p data-bbox="858 1525 1134 1552">Fase de obra: Acabamento</p>

Fonte: do autor (2023).

A realização do primeiro estudo empírico (Empresa Alfa) ocorreu no período de abril a dezembro de 2021 (nove meses). A empresa em questão atua há mais de 40 anos no mercado, sendo reconhecida como uma das líderes em construções de alto padrão no estado do Ceará, além de referência em executar as obras com aplicações sólidas de Construção Enxuta, LPS e de gestão da qualidade. O objeto de estudo tratou-se da construção de um edifício residencial de alto padrão, localizado na cidade de Fortaleza, Ceará, composto por uma torre de 22 pavimentos e com um total de 40 apartamentos. Na ocasião, a obra encontrava-se com um efetivo de 180 funcionários entre próprios e terceirizados.

Para uma melhor visualização, o Anexo 2 apresenta a projeto de implantação final do referido empreendimento estudado na empresa Alfa.

A referida obra encontrava-se em fase de acabamento, sendo os principais serviços em execução: instalações hidrossanitárias, elétricas e de incêndio, revestimento interno (cerâmica e porcelanato), esquadrias, revestimento de fachada, reboco e forro de gesso, além disso, com data de entrega prevista para março de 2022.

No decorrer da pesquisa, o autor observou e documentou as aplicações de PCP, da integração entre a produção e a segurança (PCS) e de possíveis tecnologias que a empresa já utilizava. Ressalta-se que a análise da integração entre o PCP o PCS foi realizada com base em pressupostos de estudos como Saurin (2002) e Cambraia (2004).

Destarte, para se avaliar as características do PCP e do PCS na obra analisada, foram empregadas entrevistas semiestruturadas, observação participante e análise documental, buscando-se obter um panorama inicial sobre a integração entre esses constructos. Para a realização das entrevistas, foram elaborados roteiros em profundidade e semiestruturados, organizados por seções de pesquisa, ou seja, um direcionado ao estudo do PCP e outro voltado para a integração entre o PCP e o PCS. Estes roteiros foram adaptados a partir dos modelos propostos por Angelim (2019), Bernardes (2001) e Saurin (2002), nos quais foram consideradas, também, perguntas relacionadas à COVID-19, uma vez que essa pesquisa considerou este cenário em seu contexto. Os roteiros são observados nos Apêndices 4 e 5, e a caracterização dessas ferramentas, bem como a relação de entrevistados durante esta sub etapa, no Quadro 12.

Quadro 12 – Caracterização dos Roteiros sobre PCP e PCS e Entrevistados

Roteiro	Partes	Descrição	Nº de questões	Entrevistado
1	I – Planejamento Produção	Levantar informações sobre as técnicas e ferramentas de planejamento empregadas na obra bem como as dificuldades enfrentadas	04	Engenheiro da obra
	II – Controle da Produção	Identificar boas práticas para controle da produção (ferramentas de monitoramento, indicadores etc.) e dificuldades enfrentadas	07	
	III – Planejamento de Médio Prazo	Identificar boas práticas observadas no nível de médio prazo nas empresas	11	
		Total do roteiro I	22	
2	I – Planejamento da Segurança	Levantar informações sobre as técnicas e ferramentas de planejamento da segurança empregadas bem como as dificuldades enfrentadas	11	Técnico de Segurança
	II – Controle da Segurança	Identificar informações sobre o controle da segurança (ferramentas de monitoramento, indicadores etc.), controle de riscos e dificuldades enfrentadas	04	
	III – Conscientização	Percepção do entrevistado sobre o envolvimento dos trabalhadores e da alta direção nas questões de segurança	04	
		Total do roteiro II	19	

Fonte: do autor (2023).

Para complementar a coleta de dados sobre o PCP e o PCS na referida obra, foi realizada, também, a observação participante, onde o autor, nesse caso, acompanhou as reuniões do planejamento de curto prazo da obra durante dois meses, além de verificar diretamente a execução de alguns serviços em campo. A participação do pesquisador nessas reuniões teve como objetivo verificar a dinâmica e interação dos intervenientes com o planejamento de curto prazo. Para isso, o pesquisador observou a forma de apresentação dos planos, o tratamento de imprevistos e eventuais atrasos nos serviços semanais, bem como suas ações de replanejamento.

Além disso, buscou-se analisar a participação e o nível de envolvimento da equipe de segurança nessas reuniões, tendo em vista o objetivo da pesquisa e sua necessidade de se identificar relações para a integração entre a produção e a segurança. Da mesma forma, o pesquisador observou como eram apresentados os planos semanais da segurança, o tratamento de imprevistos e atrasos nas ações de SST, bem como seus eventuais replanejamentos.

Ainda, uma análise documental foi realizada com vistas a se verificar a fidelidade das informações obtidas durante as outras formas de coleta. Para isso, foram verificados documentos como: projetos, cronogramas, planilhas de controle da produção, painéis de gestão visual, registros dos indicadores de produção e de segurança, dentre outros.

Em sua continuação, a pesquisa propôs a aplicação (em caráter de testes) de uma tecnologia digital na obra da Empresa Alfa, buscando-se avaliar o seu potencial de contribuição para o controle de produção e da segurança. Como a obra em estudo se trata de um edifício vertical, com interferência de edificações vizinhas e outros obstáculos no entorno (vegetação e rede elétrica), não foi possível a utilização do VANT. Nesse caso, decidiu-se adotar a câmera 360 graus e realizar um acompanhamento dos serviços internos da obra (ver Quadro 13). Foram escolhidos, de forma aleatória, três apartamentos que se encontravam em execução no momento da pesquisa, nos quais se realizaram os registros fotográficos semanais (ou quinzenais em algumas ocasiões devido a disponibilidade do pesquisador) dos serviços com o equipamento durante o período de julho a outubro de 2021. O objetivo desse monitoramento foi verificar a evolução dessas unidades e a existência de possíveis deficiências relacionadas à produção e à segurança.

A partir daí, criou-se um banco de dados referentes à evolução dessas três unidades para que as imagens pudessem ser armazenadas e analisadas em conjunto com um modelo BIM 4D da obra (fornecido pela própria empresa). Por meio de uma análise comparativa, avaliou-se o progresso previsto e realizado do empreendimento, comparando-se as imagens reais com o modelo digital em datas específicas da execução do empreendimento. Essa prática auxiliou a verificação de algumas concordâncias e discrepâncias na execução das três unidades analisadas em relação ao seu prazo previsto e à segurança.

A caracterização das unidades, os serviços que se encontram em execução, bem como a quantidade de imagens registradas pela Câmera 360 graus encontram-se descritos no Quadro 13.

Quadro 13 – Caracterização dos Ambientes de Pesquisa e Quantificação de Imagens (Alfa)

Empresa	Ambiente estudado	Descrição dos serviços	Qtde. imagens registradas
Alfa	Ap. 1901	instalações elétricas (fiação) revestimento de piso e parede (porcelanato), alvenarias internas de bloco de gesso, reboco e forro de gesso e esquadrias	81
	Ap. 2001	instalações elétricas (fiação) revestimento de piso e parede (porcelanato), alvenarias internas de bloco de gesso, reboco e forro de gesso e esquadrias	81
	Ap. 2101	instalações elétricas (fiação) revestimento de piso e parede (porcelanato), alvenarias internas de bloco de gesso, reboco e forro de gesso e esquadrias	81
Total			243 imagens

Fonte: do autor (2023).

Em síntese, a finalização do primeiro estudo se deu com a análise de conteúdo das múltiplas fontes de evidência comentadas (informações técnicas sobre PCP e PCS, imagens da câmera 360 graus, modelo BIM 4D da obra). Dessa forma, buscou-se uma triangulação dos dados para melhor compreensão e produção das inferências (RICHARDSON, 2011) de acordo com a realidade da obra analisada.

O segundo estudo empírico, por sua vez, foi realizado na Empresa Beta, que atua no mercado de construções populares (HIS) há cerca de 35 anos, tendo se especializado em obras com o sistema de paredes de concreto. O objeto de estudo tratou-se da construção de um conjunto residencial de padrão popular, também localizado na cidade de Fortaleza, Ceará, composto por três blocos de cinco pavimentos cada e 235 apartamentos ao todo. O estudo foi conduzido durante o período de agosto a dezembro de 2021 (cinco meses), tendo sido programada sua finalização com mais brevidade do que o primeiro por fatores como a aprendizagem do autor quanto aos procedimentos de coleta e análise dos dados, além da data de entrega da referida obra, que estava prevista para dezembro de 2021.

Para uma melhor visualização, o Anexo 3 apresenta a projeto de implantação final do referido empreendimento estudado na empresa Beta.

A obra referente ao segundo estudo encontrava-se em fase de acabamento e apresentava os seguintes serviços principais em execução: instalações hidrossanitárias e elétricas, revestimento cerâmico interno (piso e parede), esquadrias, guarda corpos, revestimento externo de fachada (pintura), reboco/forro de gesso e pintura internos.

Vale ressaltar que, para o segundo estudo, os procedimentos estipulados para coleta e análise de dados sobre PCP e PCS foram os mesmos descritos para o primeiro estudo, em conformidade com o delineamento da pesquisa (Figura 9) e, também, com o protocolo desenvolvido (Figura 10),

existindo variação nos tipos de dados e informações levantados entre as empresas, devido ao caráter distinto das obras.

Seguindo-se o protocolo, para coleta de dados sobre a parte de PCP no segundo estudo, as entrevistas ocorreram com os dois engenheiros da obra, e para as informações sobre PCS, com a técnica de segurança. As ferramentas de coleta (formulários de entrevistas semiestruturadas) utilizadas nesses casos também foram aquelas apresentadas pelos Apêndices 4 e 5.

Ainda, a observação participante e análise documental também foram realizadas neste segundo estudo para se complementarem às informações obtidas por meio das fontes primárias. A observação participante se deu por meio do acompanhamento de algumas reuniões de planejamento e verificação de serviços em campo. Já a análise documental compreendeu o estudo de: projetos, cronogramas, planilhas de controle da produção, painéis de gestão visual, registros dos indicadores de produção e de segurança, dentre outros.

Neste segundo estudo empírico, o teste de aplicação das tecnologias se diferenciou do primeiro caso, pois foram utilizados tanto a Câmera 360 graus como o VANT. O caráter horizontal da referida obra permitiu que se utilizem as duas tecnologias para a avaliação das suas contribuições ao processo de integração da segurança ao PCP. Para a coleta dos dados com o uso da Câmera 360 graus, foram selecionados aleatoriamente quatro apartamentos do Bloco 3, que se encontram em execução durante esta pesquisa. Já para o uso do VANT, foi verificado a evolução dos serviços externos (fachada, esquadrias, guarda corpo, acabamentos e cobertura), também do Bloco 3, até a sua finalização.

A utilização das duas tecnologias foi realizada, também, com o intuito de gerar um banco de dados para se compararem as imagens coletadas com o modelo BIM da obra (fornecido pela empresa), buscando-se identificar melhorias para o processo de monitoramento do progresso e contribuir com a relação de integração entre o PCP e o PCS. Vale destacar que a coleta de dados com o uso das duas tecnologias foi realizada durante o período de setembro a novembro de 2021. O Quadro 14 apresenta a caracterização das áreas a observadas com a Câmera 360 graus e o VANT, os serviços em execução, bem como a quantidade de imagens registradas.

Quadro 14 – Caracterização dos ambientes de pesquisa e quantificação de imagens (Beta)

Empresa	Ambiente estudado	Equipamento	Descrição dos serviços	Qtde. imagens registradas
Beta	Ap. 213	Câmera 360°	instalações elétricas (fiação), revestimento de piso (cerâmica), pintura interna e esquadrias	36
	Ap. 313	Câmera 360°	instalações elétricas (fiação), revestimento de piso (cerâmica), pintura interna e esquadrias	36
	Ap. 413	Câmera 360°	instalações elétricas (fiação), revestimento de piso (cerâmica), pintura interna e esquadrias	36
	Ap. 513	Câmera 360°	instalações elétricas (fiação), revestimento de piso (cerâmica), pintura interna e esquadrias	36
Total				144 imagens

Empresa	Ambiente estudado	Equipamento	Descrição dos serviços	Qtde. imagens registradas
Beta	Área externa (fachada e coberta)	VANT	Revestimento de fachada, guarda-corpo, esquadrias e execução da coberta	320
Total				320 imagens

Fonte: do autor (2023).

Destaca-se, ainda, que o monitoramento feito com o VANT ocorreu de maneira semiautomática, onde o pesquisador realizava alguns voos automáticos (programados pelo aplicativo gratuito *Precision Flight*, versão: 2.4.1) e outros manuais com a aeronave. A captura de imagens foi programada para ser feita automaticamente, em intervalos de 3 a 5 segundos, tanto durante os voos automáticos como nos manuais.

Por fim, a finalização do segundo estudo, conforme o protocolo da pesquisa, se deu, também, com a análise de conteúdo das múltiplas fontes de evidência da referida obra (informações técnicas sobre PCP, imagens da câmera 360 graus e do VANT, modelo BIM da obra). A triangulação desses dados permitiu a sua compreensão mais substancial para a realização das devidas discussões e inferências.

Ressalta-se que, durante a realização dos estudos empíricos, uma análise crítica dos principais modelos de integração entre PCP e PCS existentes na literatura foi realizada como forma de avaliar seus potenciais de aplicação e necessidades de melhorias, principalmente no que se refere à integração de tecnologias digitais. Essa avaliação é discutida no subitem 5.2.3 desta pesquisa.

Com as informações adquiridas por meio dos dois estudos empíricos, da avaliação dos modelos existentes e demais contribuições teóricas (possibilidades e lacunas) obtidas na fase de compreensão, foi elaborado o artefato proposto por esta pesquisa, corroborando com o 4º princípio da DSR (LUKKA, 2006), que neste caso se trata de um modelo refinado para a integração entre PCP e PCS.

O modelo proposto, que se encontra na Figura 41 (subseção 5.3.2 desta pesquisa), partiu do aprendizado obtido em cada etapa do atual estudo, onde se buscou um refinamento das relações de integração entre o PCP e o PCS sugeridas pela literatura (SAURIN, 2002, CAMBRAIA, 2004), além de agregar melhorias a partir do uso das tecnologias digitais como inovação desta pesquisa. Para isso, foram consideradas informações provenientes da literatura (GUO et al., 2018, MELO; COSTA, 2019) e da própria experiência vivenciada pelo autor em campo (estudos empíricos), buscando-se adequar a solução à realidade particular dos dois casos analisados, ou seja, uma obra vertical de alto padrão e outra horizontal de padrão popular.

Logo, a construção do modelo de fato, seguiu as premissas adiante:

- i) Ter como base os modelos já apresentados na literatura (CAMBRAIA, 2004, MELO; COSTA, 2019, SAURIN, 2002) que, conforme algumas lacunas observadas no

referencial teórico, ainda eram passíveis de aperfeiçoamento para serem melhor aplicados na prática;

- ii) Considerar abordagens sobre o uso de tecnologias digitais apresentadas em literatura recente (ÁLVARES et al., 2018, GUO et al., 2018, MELO; COSTA 2019), que trazem elucidações sobre o uso de tecnologias como o VANT (adotada nesta pesquisa) entre outras com potencial de apoio à integração entre a produção e a segurança.

Vale destacar que a construção da solução foi planejada pensando-se no contexto da construção civil e em seus esforços para o enfrentamento da COVID-19. No entanto, buscou-se estabelecer relações nas quais a integração entre a produção e a segurança, com o apoio operacional das tecnologias digitais pudesse ser considerada em outras aplicações da construção civil, e sob diferentes circunstâncias adversas, que não somente a pandemia de COVID-19.

3.2.2.3 Apresentação e Avaliação da solução

Buscando-se atender ao 5º e ao 6º princípio do DSR, ou seja, implementar e avaliar a solução (LUKKA, 2003), os resultados dos testes com a aplicação de tecnologias digitais (câmera 360 graus e VANT) nos canteiros de obras e o modelo de integração foram apresentados para a equipe de gestores das duas empresas (Alfa e Beta) objetos de estudo, sendo coletadas suas percepções acerca do uso desses dispositivos (tecnologias e artefato) no contexto do PCP e de segurança. Decidiu-se por avaliar, com maior foco, a estruturação do modelo refinado e a fase prática de testes com as tecnologias durante essa etapa, pois considerou-se que a implementação dessas tecnologias foi a principal contribuição do modelo de PCS (refinado) desenvolvido no presente trabalho.

Assim, o processo de avaliação do modelo se deu durante a realização de um Grupo Focal, que, de acordo com Morgan (1997), consiste em coletar informações geradas por um grupo com base em um ou mais tópicos específicos, atendendo-se, portanto, à ideia do “foco”. Dessa forma, além dos três mediadores (autor e orientadores da pesquisa), participaram mais 4(quatro) integrantes, entre eles o engenheiro da obra e o encarregado pela segurança tanto da empresa Alfa como da empresa Beta, totalizando-se 7(sete) pessoas.

Em sua estrutura, o Grupo Focal para apresentação e avaliação da proposta teve dois objetivos: (a) apresentação das contribuições acerca do uso das tecnologias (Câmera 360 e VANT) junto ao modelo proposto e (b) realização de uma entrevista com esses gestores para avaliação do modelo proposto. Dessa forma, adotou-se um roteiro de aplicação do Grupo Focal descrito no Quadro 15.

Quadro 15 – Roteiro de Aplicação do Grupo Focal

ATIVIDADE	DESCRIÇÃO	MATERIAL UTILIZADO
Apresentação	Apresentação dos participantes (diretores e gestores das empresas), moderador e auxiliares e, ainda, da proposta do estudo. (Tempo estimado: 15 min)	Conversação
Discussão 1: “Apresentação de resultados do uso da tecnologia Câmera 360 e do VANT”	O moderador apresenta as informações e registros efetuados nos estudos de caso aos participantes, e estes são estimulados a discorrer sobre seus pontos de vista acerca do conteúdo apresentado. (Tempo estimado: 20 min)	Apresentação em Power Point (Data Show)
Discussão 2: “Apresentação de modelo proposto na pesquisa”	O moderador apresenta as informações e insights acerca do modelo de integração, e estes são estimulados a discorrer sobre seus pontos de vista acerca do conteúdo apresentado. (Tempo estimado: 15 min)	Apresentação em Power Point (Data Show)
Fechamento: “Validação da proposta”	O moderador coleta a opinião dos participantes sobre o uso das tecnologias em conjunto com o modelo apresentado com ênfase na otimização do PCP e da segurança, buscando ainda sugestões de aplicação dessas e de outras tecnologias em seus ambientes de trabalho (canteiro de obras, implantação da edificação ou apartamento tipo) de acordo com a realidade dos empreendimentos estudados. (Tempo estimado: 30 min)	Formulário de perguntas semiestruturado

Fonte: do autor (2023).

Conforme se observa no Quadro 15, o Grupo Focal teve duração aproximada de 80 minutos (1h e 20min) e foi realizado de modo virtual (via Google Meet), tendo em vista a disponibilidade de agenda dos integrantes das duas empresas. Para a entrevista de avaliação, foi elaborado um formulário de perguntas semiestruturado com questões planejadas para se compreender a percepção dos entrevistados sobre o entendimento, o uso e a viabilidade da solução proposta, principalmente no que diz respeito ao uso das tecnologias aplicadas nos estudos empíricos. Esse formulário teve como base o modelo de avaliação proposto por Saurin (2002) e pode ser visualizado no Apêndice 6.

3.2.3 **Consolidação dos resultados e aprendizagem**

Durante a fase final da pesquisa, as suas discussões e conclusões buscam demonstrar as contribuições do modelo desenvolvido, apresentando-o como uma solução para diferentes contextos da construção civil. A consolidação dos resultados desta pesquisa se concretiza no ato da própria defesa desta dissertação. Além disso, foram previstos a publicação de artigos e apresentação da pesquisa em eventos (reuniões, *webinars*, dentre outros) com a participação de empresas construtoras e entidades setoriais da construção civil (SINDUSCON).

Na próxima seção serão discutidos os resultados desta pesquisa, subdivididos em itens de acordo com os objetivos específicos, a saber: (a) o diagnóstico dos impactos das medidas de prevenção

à COVID-19 realizado em uma amostra de empresas como preparação para os estudos empíricos, (b) a descrição dos estudos empíricos realizados em duas obras (empresas Alfa e Beta) e da aplicação de tecnologias digitais nesses casos, (c) a análise crítica de alguns modelos de integração entre PCP e PCS existentes e (d) apresentação do modelo de integração entre PCP e o PCS com os refinamentos desenvolvidos durante o estudo.

4 DIAGNÓSTICO DAS MEDIDAS DE PREVENÇÃO À COVID-19 EM UMA AMOSTRA DE OBRAS

Esta subseção contém os resultados do diagnóstico preliminar realizado em oito empresas construtoras de Fortaleza, Ceará, que precedeu a realização dos estudos empíricos, conforme já descrito na seção de método. Apresentam-se discussões conforme os questionamentos principais de cada parte dos formulários (Apêndice 1) de entrevista utilizados, a saber: as principais medidas de SST adotadas nas empresas; as suas dificuldades de implementação; as mudanças físicas adotadas nos canteiros de obras; as ações de conscientização para o engajamento dos operários além dos impactos dessas medidas à produção e ao planejamento das obras.

Ao final, se faz uma síntese das questões prementes, dificuldades e oportunidades para as medidas de prevenção à COVID-19 a partir do estudo realizado nas empresas de construção civil.

4.1 Principais medidas de segurança adotadas e dificuldades percebidas

A partir da análise das entrevistas realizadas com os diretores foram identificadas 29 medidas de segurança adotadas pelas empresas, cujas principais foram apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais medidas de segurança (Diretores)

Nº	Medidas adotadas	Empresa								Total	%	% Acum.
		1	2	3	4	5	6	7	8			
1	Uso de máscara obrigatório	x	x	x	x	x	x	x	x	8	9%	9%
2	Monitoramento de temperatura	x	x	x	x	x	x		x	7	7%	16%
3	Entrega de Kits (álcool em gel, água sanitária, materiais de higiene)	x		x	x	x	x	x	x	7	7%	23%
4	Instalação de lavatórios extras no canteiro		x		x	x	x	x	x	6	6%	30%
5	Demarcação no piso/monitoramento de filas	x	x		x	x		x		5	5%	35%
6	Divisão em turnos de entrada/refeitório/saída	x	x	x		x	x			5	5%	40%
7	Diálogos Diários de Segurança	x			x	x	x	x		5	5%	46%
8	Criação de protocolo da empresa	x	x		x		x			4	4%	50%
9	Divisão de máscara em cores por turno e transporte	x			x	x		x		4	4%	54%
10	Checklist de sintomas	x	x		x			x		4	4%	59%
11	Distribuição de <i>face-shield</i>	x	x			x		x		4	4%	63%

12	Cartilha de orientações	x	x		x	x	4	4%	67%		
13	Reorganização do layout do canteiro	x		x	x		3	3%	70%		
14	Restrição do uso do elevador cremalheira	x	x	x			3	3%	73%		
15	Distribuição de álcool em gel na obra	x	x			x	3	3%	77%		
16	Afastamento de operários do grupo de risco					x	x	x	3	3%	80%
17	Reuniões remotas	x	x			x			3	3%	83%
18	Entrega de fardamento extra	x			x		x		3	3%	86%
	<i>Medidas com duas menções cada</i>						4	4%	90%		
	<i>Medidas com apenas uma menção</i>						9	10%	100%		

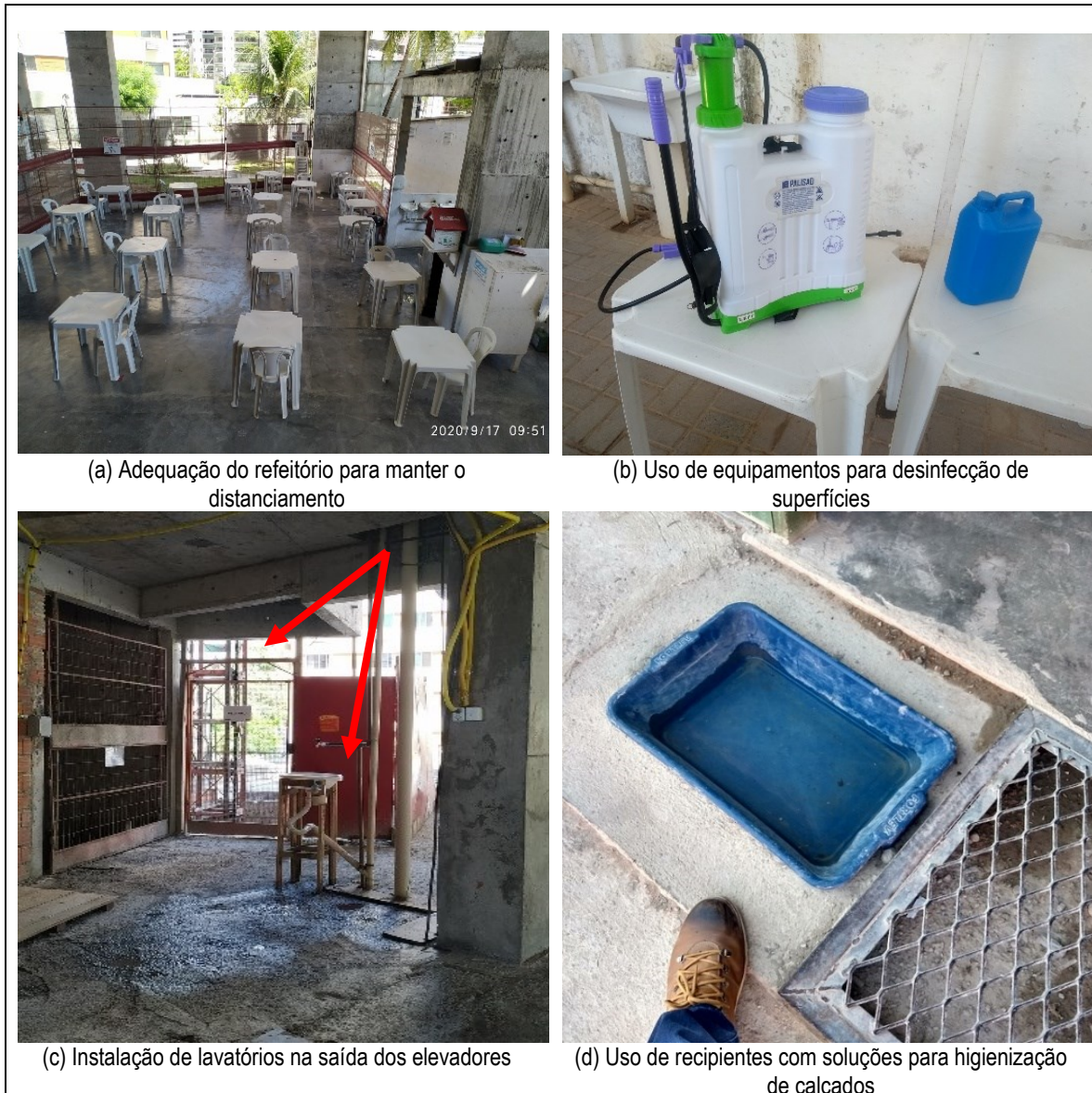
Fonte: do autor (2023).

De forma semelhante, os gestores de obra e técnicos de segurança mencionaram as mesmas práticas, havendo pequenas distorções quanto ao rigor do cumprimento. Observa-se que as medidas de uso de máscaras, monitoramento da temperatura, entrega de kits de materiais de higienização individual e instalação de lavatórios extras no canteiro de obras, foram as mais citadas. Estas medidas também foram identificadas nos protocolos setoriais e do governo, corroborando os estudos realizados por Alsharif et al. (2021), Stiles et al. (2021) e Zheng et al. (2021).

Além disso, mais que o simples atendimento ao uso de máscara, por exemplo, uma boa prática enfatizada foi a troca de máscaras orientadas por cores, citado tanto pelos diretores como pelos gestores de obra e técnicos de segurança de todas as empresas em diferentes formas. As Empresas 2, 4, 5, 6, 7 e 8 adotaram duas cores de máscaras, uma para cada turno do dia, enquanto as Empresas 1 e 3 implementaram até seis cores, incluindo máscaras para a troca a cada três horas e o percurso casa-trabalho-casa. Embora o diretor da Empresa 3 não tenha mencionado a troca a cada três horas, isso foi apontado pelo gestor da obra e pelo técnico de segurança.

Durante a primeira fase de *lockdown*, a Empresa 1 trabalhou outras ações, tais como: instalação de divisórias de acrílico em mesas do refeitório, teste de oxigenação, contratação de um profissional de saúde para a obra, palestras com especialistas, aumento da equipe de limpeza dos ambientes (refeitório/vestiário), reuniões em local aberto, realização de exames de identificação da COVID-19 em casos suspeitos, limitação de acesso para clientes e fornecedores ao escritório e aplicação de sistema *home-office* para funcionários do escritório. Algumas dessas medidas foram observadas nos canteiros de obras, como destacadas na Figura 13.

Figura 13 – Exemplos de medidas de segurança adotadas

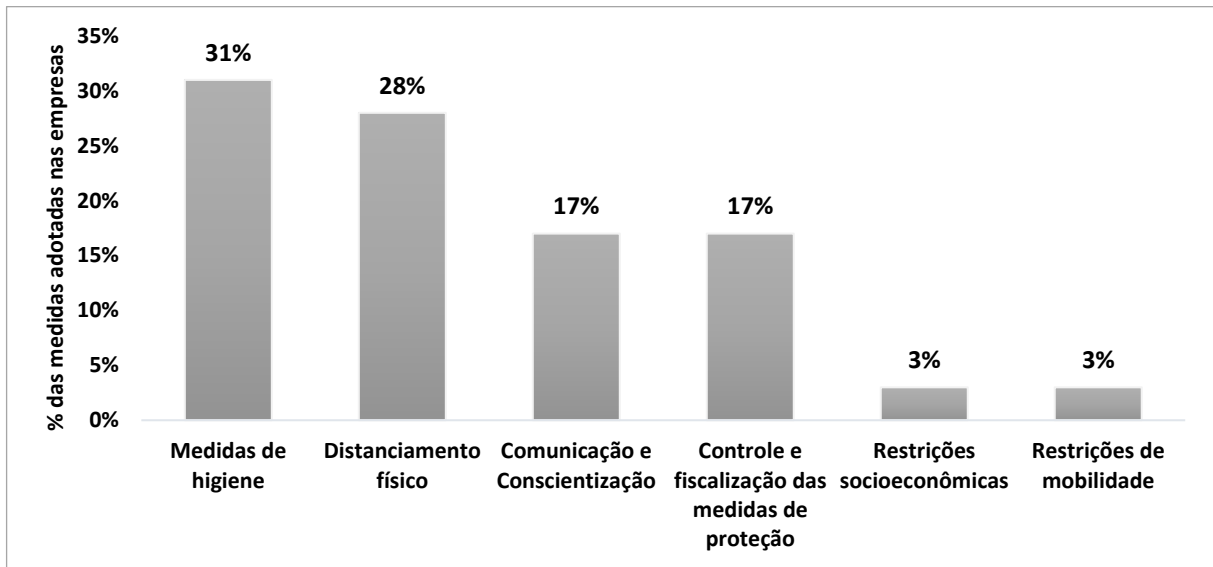


Fonte: do autor (2023).

Fica evidente (Figura 13) o uso de dispositivos simples para a melhoria da segurança sanitária da obra, como é o caso de lavatórios nas saídas dos elevadores e uso de recipientes para higienização de calçados.

A Figura 14 apresenta o agrupamento das medidas observadas de acordo com as categorias previamente estabelecidas para a análise de conteúdo.

Figura 14 - Medidas de segurança de acordo com categorias da análise de conteúdo



Fonte: do autor (2023).

Verifica-se um enfoque maior nas medidas de higienização e distanciamento social nos canteiros de obras. Salienta-se que a ausência de medidas voltadas à vida pessoal do funcionário, especialmente com relação a restrições de mobilidade, pode repercutir em seu desempenho no canteiro (considerando o transporte público como vetor de contaminação). Destaca-se, no entanto, que apenas o Diretor da Empresa 2 considerou o transporte público como um fator de risco, contradizendo o estudo de Amoah e Simpeh (2021), que o consideraram de alto risco.

A Tabela 3 apresenta as dez dificuldades identificadas para a implantação das medidas relacionadas.

Tabela 3 – Principais dificuldades: Diretores x Gestão da obra (Gestores e Técnicos de Segurança)

Dificuldades	Diretores								Gestão da Obra								Total	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8		
Conscientização da mão de obra / mudança cultural	x	x	x						x		x	x	x	x		x	9	39%
No geral, não houve dificuldades					x	x		x									3	13%
Manter o distanciamento social em alguns serviços				x										x	x		3	13%
Absenteísmo durante a retomada das atividades					x	x											2	9%
Troca de refeições para quentinhas			x														1	4%
Logística/aquisição de equipamentos (máscaras, álcool gel, etc.)							x										1	4%
Dúvidas sobre definições jurídicas para algumas medidas							x										1	4%
Recursos financeiros para a ações de prevenção											x						1	4%
Redução da aglomeração na entrada e saída da obra, bem como nos vestiários														x			1	4%
Uso ou troca da máscara										x							1	4%
Total																	23	100%

Fonte: do autor (2023).

Ressalta-se que os diretores das Empresas 5, 6 e 8 indicaram que, no geral, não houve dificuldades, em desacordo com a colocação da equipe de obra. Isto pode ser explicado pelo fato de os gestores dos canteiros lidarem mais diretamente com o dia a dia da obra. Revela, ainda, possíveis falhas de comunicação entre os níveis estratégico e tático dessas empresas.

Os diretores e, principalmente os gestores de obras das Empresas 1, 2 e 3, apontaram a conscientização da mão de obra/mudança cultural como principal dificuldade. Isto é uma questão comum no setor como apontara Haslam et al. (2005) ao revelarem que 70% dos acidentes de trabalho decorrem de fatores humanos. Neste caso, o não cumprimento das medidas por falta de conscientização pode levar ao aumento dos casos de contaminação. Destaca-se, ainda, que o distanciamento social em alguns serviços emergiu como dificuldade secundária. Esta também foi uma dificuldade apontada no estudo de Amoah e Simpeh (2021).

O absenteísmo durante a retomada das atividades também foi mencionado pelos diretores das Empresas 5 e 6. Da mesma forma, Alsharef et al. (2021) citaram o absenteísmo, sendo causado pelo medo de alguns trabalhadores contaminarem a si ou a sua família.

4.2 Mudanças nos layouts de canteiros com relação às medidas

A Tabela 4 apresenta as mudanças de layout de canteiro identificadas pelos técnicos de segurança para atendimento aos protocolos de higiene e distanciamento social.

Tabela 4 – Alterações no *layout* dos canteiros para garantir o distanciamento

Alterações	Empresa								Total	%	% Acum
	1	2	3	4	5	6	7	8			
Instalação de lavatórios ou <i>dispensers</i> de álcool em gel	x	x	x		x	x		x	6	20%	20%
Redistribuição das mesas e cadeiras nos refeitórios	x	x	x					x x	5	17%	37%
Demarcação para formação de filas na entrada/ponto	x			x	x	x	x		5	17%	53%
Criação de novos refeitórios ou vestiários		x	x			x	x		4	13%	67%
Demarcação de fila em frente ao vestiário		x		x		x			3	10%	77%
Torneira de alavanca p/ bebedouros						x		x	2	7%	83%
Demarcação de assentos					x				1	3%	87%
Instalação de divisórias de acrílico no refeitório	x								1	3%	90%
Demarcação para formação de filas no refeitório (almoço)					x				1	3%	93%
Demarcação de fila em frente ao cremalheira			x						1	3%	97%
Área para limpeza de ferramentas								x	1	3%	100%
Total	4	5	3	4	3	5	3	3	30	100%	

Fonte: do autor (2023).

As principais medidas foram a instalação de lavatórios ou *dispensers* de álcool em gel, redistribuição das mesas e cadeiras do refeitório, demarcação de piso para a formação de filas na entrada

da obra e a criação de novos vestiários. Estas medidas estão relacionadas majoritariamente ao distanciamento físico (oito das onze medidas) e à higienização (três medidas), conforme categorias da análise de conteúdo, relacionadas diretamente aos locais de maior aglomeração, que foram, segundo os técnicos das Empresas 1, 3, 4 e 7, o vestiário, e 1, 4, 6 e 7, os refeitórios. A saída da obra (técnicos das Empresas 5 e 6), os intervalos para descanso após as refeições (Empresas 2 e 6) também foram mencionados. Destaca-se que apenas o técnico da Empresa 8 mencionou que não havia locais com alto risco de contaminação, em concordância com a CBIC (2020), devido às características do canteiro de obras (espaçamento, ventilação, entre outras).

Quando questionados sobre locais suscetíveis à aglomeração, oito operários (Empresas 2, 4, 5 e 6) afirmaram que não havia risco nos canteiros, pois recebiam orientações dos técnicos de segurança e seguiam horários escalonados para o almoço, enquanto seis (Empresas 1, 3, e 8) admitiram que no vestiário, fila de ponto, refeitório e na hora da saída ocorriam aglomerações. Há de se observar que, para as áreas de vivência, a norma brasileira NBR 12284 (ABNT, 1991) e a Norma Regulamentadora nº 18, da Secretaria Especial de previdência e trabalho (BRASIL, 2020), trazem diretrizes para a ventilação nestes ambientes. Como oportunidade de aprimoramento para elas, pode-se incluir as taxas de renovação do ar de acordo com as novas recomendações em virtude da pandemia.

4.3 Ações de conscientização para o engajamento dos operários e monitoramento dos protocolos

A implementação das medidas nos canteiros de obras foi delegada exclusivamente aos técnicos de segurança nas Empresas 3 e 7. Nas demais, a responsabilidade foi estendida, também, aos gestores das obras. Apenas nas Empresas 5 e 8, foram apontados o envolvimento dos seus diretores. Já a responsabilidade pelo monitoramento e controle das ações ficou nitidamente sobre o técnico de segurança e, nas Empresas 1, 2, 3 e 5 com o auxílio da equipe de engenharia. Destaca-se, neste ponto, o pouco envolvimento de encarregados e mestres de obras.

Técnicos de segurança apontaram, ainda, como forma de monitoramento e controle: observações diárias no canteiro de obras em todas as empresas; auditorias, vistorias por equipe especializada ou relatórios administrativos/fotográficos; e sistema informatizado com *check-list* para verificação das medidas e *dashboards* em planilhas eletrônicas de controle da COVID-19 (Empresas 1 e 3).

As principais ações de conscientização realizadas nas empresas, segundo os técnicos de segurança, foram os diálogos de segurança do trabalho (DDS), cartazes e panfletos, treinamentos/palestras de prevenção, dinâmicas entre operários, dentre outras.

4.4 Impactos na produção, no planejamento e controle e no fornecimento de materiais

A Tabela 5 apresenta as tarefas críticas em termos de distanciamento (proximidade menor que 2m), de acordo com os técnicos, e as atividades impactadas, na percepção dos gestores da obra.

Tabela 5 – Atividades críticas para o distanciamento social e atividades impactadas

Atividades	Atividades críticas (técnicos das empresas)							Atividades impactadas (gestores de obra - engenheiros)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	Total	%	1	2	3	4	5	6	7	8	Total	%
Concretagens	x		x			x	x		4	36%	x				x	x	x	x	5	45%
Montagem de formas e ferragens	x		x					x	4	36%	x				x	x	x	x	4	36%
Montagem de andaime fachadeiro							x		1	9%									0	0%
Betoneira		x							1	9%									0	0%
Acabamento cerâmico									0	0%				x					1	9%
Nenhuma atividade específica				x					1	9%		x							1	9%
Total	2	1	2	1	1	2	1	1	11	100%	1	0	1	1	2	2	2	2	11	100%

Fonte: do autor (2023).

Observa-se que, para os gestores, o serviço no qual se teve maior impacto foi o de concretagem. Além de numericamente os técnicos terem identificado esta atividade como crítica, os engenheiros realizaram algumas observações como: o impacto se deu pela necessidade de redução do número de funcionários nas Empresas 3, 4 e 6 e, conseqüentemente, do ritmo de produção; divisão das equipes ocorrida nas Empresas 1, 2, 6 e 8, o que refletiu na produtividade da obra e demandou mudanças em seu planejamento. Medidas de reforço das ações de proteção como uso de *face-shield* em equipes com maior proximidade (Empresa 7) e evitar o compartilhamento de ferramentas (Empresa 6), também foram mencionadas.

Com relação às atividades gerais das obras, para os diretores das Empresas 1, 5, 6 e 8, não houve redução do ritmo de produção, enquanto para os diretores de 2 e 7 isso correu durante as primeiras semanas da pandemia. Nas Empresas 3 e 4 a redução foi definitiva para o período. As razões para redução do ritmo da produção, na percepção dos gestores de obra, são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Causas da redução do ritmo da produção

Razões para redução	Gestores de obra								Total	%	
	1	2	3	4	5	6	7	8			
O uso restrito do elevador cremalheira impacta negativamente (transp. vertical)	x	x	x							3	30%
O ritmo foi reduzido (ciclos mais longos) em função da carga horária reduzida							x		x	2	20%
A retomada após as paradas foi lenta (readaptação)				x	x					2	20%
As medidas de higiene e distanciamento social não impactariam na produção							x		x	2	20%

O ritmo foi reduzido por atrasos de material e aumento de preços	x	1	10%
A incerteza e o receio impactam na redução do número de funcionários		0	0%
Total		1 1 2 1 1 1 2 1	10 100%

Fonte: do autor (2023).

Pode-se observar que, na visão dos gestores, a movimentação vertical foi a principal razão para redução do ritmo, pois foi necessária a diminuição da quantidade de pessoas por viagem nos elevadores de obra. Reforça-se que o diretor da Empresa 8, também apontou o transporte vertical como crítico. Outras razões foram a adaptação às restrições e a redução da jornada de trabalho, tendo o diretor da Empresa 7 mencionado a redução da jornada de trabalho devido à triagem realizada na entrada da obra (medição de temperatura e preenchimento de questionário de sintomas). Os gestores de obras das Empresas 5 e 7, no entanto, afirmaram não ter havido impacto na produção.

Com relação à entrega de materiais, apenas o diretor da Empresa 4 afirmou que não houve atraso. Já o aumento abusivo de preços foi mencionado pelos diretores das empresas 2, 3, 4 5, 7 e 8), enquanto a escassez de material no mercado pelos diretores das empresas de 1, 5 e 6. Neste ponto, a visão dos intervenientes corrobora o estudo de Alsharef et al. (2021), que também relatou impactos como atrasos, escassez e aumento dos preços de materiais em construções norte americanas. A Tabela apresenta a redução da produtividade na percepção dos gestores das empresas.

Tabela 7 - Redução da produtividade (Gestores de Obra)

Redução	Gestores de obra								Total	%
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1 a 10 %					1				1	13%
10 a 20%		1					1	1	3	38%
Maior que 30%			1						1	13%
Não houve					1				1	13%
Não foi informado	1			1					2	25%
Total									8	100%

Fonte: do autor (2023).

Em média a percepção de redução foi de aproximadamente 10%. Uma das empresas afirmou que não houve redução e, para outras duas, os gestores não souberam informar. Tais reduções impactaram o cronograma das obras, que ajustaram o novo prazo de acordo com os dias de paralisação, à exceção da Empresa 2, conforme os seus diretores.

Ainda, de acordo com os gestores, não houve mudanças significativas no planejamento das obras, além de manutenção do distanciamento social, conforme sumarizado na Tabela 8.

Tabela 8 – Mudanças no processo de planejamento (gestores de obra)

Mudanças relatadas	Gestores de obra								Total	%
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Não houve mudanças, apenas manutenção do distanciamento entre os trabalhadores	x	x		x	x	x	x	x	7	58%
Redistribuição das equipes em diferentes turnos de trabalho		x	x						2	17%
Uso de face-shield em atividades com maior proximidade entre pessoas	x								1	8%
Redução das equipes ou do número de funcionários		x							1	8%
Redistribuição das equipes em diferentes zonas de trabalho							x		1	8%
Total	2	3	1	1	1	2	1	1	12	100%

Fonte: do autor (2023).

4.5 Tecnologias adotadas ou a implementar

A Tabela 9 apresenta cinco tecnologias adotadas ou a implementar pelas empresas, conforme seus gestores de obras.

Tabela 9 - Outras tecnologias adotadas ou a implementar

Tecnologias	Gestores de Obra								Total	%
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Reuniões virtuais	x	x			x	x		x	5	42%
Plataforma virtual para gestão de contratos (clientes, fornecedores, etc.)	x								1	8%
Plataforma virtual para gestão contas a pagar (Informacon)						x			1	8%
Planilha dinâmica ou software para acompanhamento e controle de serviços							x		1	8%
Sistema de transporte vertical de argamassa (bombeamento)		x							1	8%
Nenhuma				x	x			x	3	25%
Total	2	2	1	1	2	2	1	1	12	100%

Fonte: do autor (2023).

A maioria das tecnologias informadas atendeu ao setor administrativo das empresas. Apenas as Empresas 2 e 6 relataram alguma tecnologia direcionada ao planejamento e controle.

4.6 Sugestões para redução do impacto causado por medidas de proteção

A Tabela 10 apresenta sugestões dos diretores das empresas para redução do impacto das medidas de proteção.

Tabela 10 - Sugestões para redução do impacto das medidas de proteção (Diretores)

Sugestões	Diretores								Total	%	
	1	2	3	4	5	6	7	8			
Sem sugestões (situação inevitável)	x			x					x	3	27%
Investimento em métodos de construção eficientes, industrialização e redução de fluxos		x			x	x				3	27%
Investimento em ações e tecnologias para gerenciamento de processos administrativos (contratos, projetos, orçamento, comercial, etc.)	x					x				2	18%
Otimizar o protocolo de entrada (triagem) através de tecnologias									x	1	9%
Aumentar a sensação de segurança com ações que beneficiem o colaborador e a sua família.				x						1	9%
Investimento em mão de obra qualificada						x				1	9%
Total	2	1	1	1	2	2	1	2		12	100%

Fonte: do autor (2023).

Quase um terço dos entrevistados não apresentou sugestão referindo-se à situação como inevitável. Mudanças em tecnologias construtivas foi a sugestão mais relatada e algumas delas foram colocadas em prática, a exemplo da implementação de argamassa pronta com misturadores depositados nos pavimentos, relatado pelo diretor da Empresa 2. Essa medida reduziu a interação de operários próximo à betoneira e o fluxo de transporte vertical (elevador). Para as empresas 5 e 6, a implementação de outras tecnologias estavam previstas em planejamento, como sistemas pré-fabricados e paredes de concreto. Além disso, os diretores afirmaram haver espaço para melhoria tanto dos processos administrativos, como da própria triagem e investimentos em mão de obra qualificada. Uma sugestão que chamou a atenção foi aumentar a sensação de segurança do colaborador com ações que beneficiem a ele e a sua família. De fato, ações concretas fora da empresa foram pouco citadas ao longo das entrevistas.

4.7 Percepção geral sobre as medidas de higiene e segurança na construção

As percepções gerais dos diretores sobre a efetividade das medidas de proteção no setor foram resumidas na Tabela 11.

Tabela 11 - Percepção sobre as medidas de higiene e segurança na construção (Diretores)

Percepções gerais	Diretores								Total	%	
	1	2	3	4	5	6	7	8			
Mesmo com a paralisação do setor, houve continuidade ou aumento das vendas de unidades	x		x	x		x	x			5	26%
As medidas tomadas foram realmente necessárias	x		x	x			x			4	21%
A Construção Civil não deveria ter parado		x		x	x		x			4	21%
O trabalhador em casa ou em serviços externos está sujeito a um risco maior do que no próprio canteiro		x		x					x	3	16%
A Construção Civil deveria ter retornado às atividades mais cedo				x					x	2	11%
As medidas implementadas foram simples, de baixo custo e eficientes							x			1	5%
Total	2	2	3	4	1	2	3	2		19	100%

Fonte: do autor (2023).

Destaca-se que mesmo com a paralisação dos canteiros de obras, os diretores afirmaram que as vendas dos empreendimentos continuaram ou aumentaram para as Empresas 1, 3, 4, 6 e 7. Em segundo plano, dividem atenção os itens referentes à necessidade das medidas de higiene e segurança (Empresas 1, 3, 4 e 7) e de que a construção não deveria ter parado (Empresas 2, 4, 5 e 7). Uma percepção inusitada foi apontada pelos diretores das Empresas 2, 4 e 8, a de um maior risco dos funcionários se manterem em casa do que no próprio canteiro.

4.8 Síntese das questões prementes, dificuldades e oportunidades observadas

Os resultados desse estudo levaram a uma reflexão e proposta de algumas questões prementes, dificuldades e oportunidades para as medidas de prevenção, conforme apresentadas no Quadro 16.

Quadro 16 - Questões prementes, dificuldades e oportunidades para a melhoria da gestão das obras no contexto da pandemia

Categories	Questões prementes	Dificuldades	Oportunidades
Mão de Obra	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Impactos à saúde psicológica (medo e incerteza sobre a própria contaminação ou dos familiares); ▪ Redução da força de trabalho no início da pandemia; ▪ Absenteísmo; ▪ Afastamento das pessoas do grupo de risco. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conscientização (resistência ou falta de assimilação) com relação às medidas de prevenção e aos riscos de contaminação; ▪ Reduzir perdas diárias em função do escalonamento dos horários (ex: almoço). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar novos treinamentos sobre a COVID-19, rotinização de procedimentos e manutenção da infraestrutura dos canteiros; ▪ Dar maior atenção aos trabalhadores do grupo de risco que retornaram às atividades; ▪ Adotar soluções tecnológicas para o monitoramento das equipes durante as atividades; ▪ Envolver os trabalhadores do grupo de risco em atividades de baixo risco.
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Risco de contaminação no sistema de transporte público, modalidade mais utilizada pelos trabalhadores da construção. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Garantia do distanciamento social e a higienização adequada no transporte público. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incentivar o uso de transporte individual, seja automóvel, motocicleta ou bicicleta (a maioria dos operários já utiliza alguma destas opções); ▪ Adotar horários escalonados de entrada para evitar os horários de pico; ▪ Disponibilizar kits de higiene pessoal para os operários.
Atividades de produção	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Defasagem em atividades como a concretagem e necessidade de maiores cuidados como o uso de protetor facial. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manutenção do distanciamento social entre as equipes; ▪ Recuperação de atrasos em função das restrições de distanciamento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Investir em industrialização e tecnologias para aumento da produtividade e a segurança dos operários; ▪ Definir novos padrões de trabalho para processos críticos visando a eficiência, a ergonomia e o distanciamento social; ▪ Adotar técnicas de planejamento e controle da produção baseado localização (zonas).

Categories	Questões prementes	Dificuldades	Oportunidades
Logística de produção	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento do número de viagens e no tempo de transporte vertical (elevador cremalheira); ▪ Atrasos na entrega e aumento de custo dos materiais. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conscientização (relaxamento dos operários quanto às restrições de distanciamento no elevador); ▪ Continuação de contratos com alguns fornecedores. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adotar conceitos Lean de trabalho padronizado, Andon, e outros; ▪ Buscar atendimento com fornecedores preferencialmente locais.

Fonte: do autor (2023).

O Quadro 16 apresenta outras categorias para as principais questões prementes e suas ponderações, além daquelas já discutidas na subseção 4.1 provenientes do estudo de Bruin et al. (2020). Chama-se a atenção para as oportunidades destacadas que sugerem a adoção de soluções tecnológicas para aumentar a eficiência das ações voltadas ao aumento da eficiência da produção e à segurança da mão de obra.

4.9 Considerações finais acerca do diagnóstico

A etapa de diagnóstico teve por objetivo identificar as principais medidas de prevenção à COVID-19 adotadas por empresas do setor da construção civil na região de estudo (Fortaleza, CE - nordeste brasileiro) e analisar os seus impactos, a partir da percepção dos seus intervenientes.

A análise de conteúdo das entrevistas auxiliou na visualização de convergências e divergências entre a percepção dos envolvidos e a identificação dos impactos das medidas implementadas no âmbito da segurança e da produção. Estas medidas estão alinhadas com os protocolos das autoridades de saúde pública, tendo-se observado adaptações específicas para o setor que ainda não haviam sido identificadas na literatura, como o caso de troca de máscaras com tempos pré-determinados, entre outras. Isto se constitui como contribuição original deste estudo.

O diagnóstico mostrou que durante os meses iniciais da pandemia houve um impacto maior no ritmo de produção das obras, em decorrência da paralisação temporária do setor e restrições da força de trabalho definidas pelo governo, além do absenteísmo de parte da mão de obra, pelo medo da contaminação, fatores também apontados em outros estudos (ESA et al., 2020; ALSHAREF et al., 2021). Porém, durante a retomada, verificou-se que a percepção dos respondentes sobre a baixa redução de produtividade convergiu, ou seja, que isto não foi o principal problema, uma vez que houve uma adaptação às restrições, com poucas mudanças no planejamento das obras e no *layout* do canteiro de obras.

Acerca disto, os respondentes afirmaram ainda que, em geral, já se trabalhava com distanciamento social, principalmente nos casos em que se executam atividades em locais isolados, como pavimentos ou unidades repetidas. Neste específico, a movimentação vertical foi apontada como

principal razão para redução do ritmo de produção, pois foi necessária a diminuição da quantidade de pessoas por viagem nos elevadores de obra. No entanto, durante as observações não participantes, percebeu-se o não atendimento de algumas das medidas restritivas relatadas. Já com relação ao canteiro, ficou evidente o uso de dispositivos simples para a melhoria da segurança sanitária da obra, como é o caso de lavatórios nas saídas dos elevadores, o uso de recipientes para higienização de calçados e o uso de divisórias em acrílico nas mesas do refeitório.

Isto permite afirmar que, do ponto de vista econômico, as ações implementadas foram bem-sucedidas permitindo a manutenção dos trabalhos durante a pandemia, após o choque inicial que demandou a suspensão das atividades. Ainda, dados posteriores à realização do estudo, como aqueles divulgados pela Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (ABRAINC, 2021), indicaram que na segunda onda, ocorrida no ano de 2021, os impactos dentro dos canteiros de obras já foram inferiores ao que ocorreram em 2020. Isto possivelmente é fruto das medidas adotadas pelas empresas do setor.

Em face a vasta literatura que indica uma gestão de saúde e segurança deficitária no setor da construção civil, a percepção dos diretores sobre a implementação das mudanças se deu sem muitas dificuldades, ao contrário do esperado e em divergência com a percepção dos gestores de obra e técnicos de segurança. Esta divergência de percepção pode ser considerada natural, dada as diferentes responsabilidades que os níveis hierárquicos possuem. No entanto, revela, em uma segunda análise, uma possível falha de comunicação entre as partes.

Por fim, é importante ressaltar que essa etapa da pesquisa percorreu tanto o período de maior crise da pandemia de COVID-19 (setembro de 2020 a julho de 2021) como o da regressão de contaminação pós vacinação da sociedade. Mesmo assim, esse diagnóstico esclareceu, ainda, importantes dúvidas acerca dos métodos de trabalho, postura e preocupação com a gestão da segurança empregados nas oito empresas participantes. Em níveis mais ou menos aflorados de uma para a outra, essas organizações demonstraram um enorme potencial de adaptação diante de uma crise sanitária, além de uma adesão suficiente às medidas estipuladas pelos órgãos de saúde, que resultou em baixos índices de afastamentos e, principalmente, de óbitos nesses canteiros de obras.

Destaca-se, como resultado complementar a esse diagnóstico, o desenvolvimento de um E-book contendo as principais informações acerca da rotina dos canteiros de obras, das medidas adotadas e tendências futuras para essas ações de SST. O material sumarizou dados de pesquisas das quatro instituições que atuaram no projeto original do CNPq e foi referenciado como Tonetto et al. (2021).

Como lição de aprendizado, pode-se afirmar a grande capacidade de adaptação das empresas do setor e que parte das medidas adotadas, especialmente aquelas relacionadas à higiene, permaneceram em uso, mesmo com o fim da pandemia, declarado nos meses finais de realização desta pesquisa.

5 DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS EMPÍRICOS

Esta seção apresenta os resultados da fase de desenvolvimento dos Estudos Empíricos 01 e 02 como premissa para aprimorar os modelos de integração entre o PCP e o PCS, a partir dos dados coletados por meio de entrevistas, observação participante e análise de documentos das obras analisadas (Empresas Alfa e Beta).

A discussão foi organizada por itens conforme a sequência: (i) contexto do estudo, (ii) análise das práticas de PCP e PCS adotadas pelas empresas, (iii) aplicação de tecnologias digitais no contexto da produção e da segurança, e (iv) considerações finais e principais contribuições dos estudos.

Ao final apresenta-se, ainda, um modelo de integração entre o PCP e o PCS refinado pelo pesquisador de acordo com as contribuições teóricas (literatura) e práticas (estudos empíricos), além de se descrever o processo de apresentação da proposta aos representantes das empresas estudadas com a finalidade de se obter a sua validação.

5.1 Contexto do Estudo Empíricos 01: Empresa Alfa

Conforme descrito na seção 3 (Método), o primeiro objeto de estudo tratou-se da construção de um prédio residencial (01 Torre) de alto padrão, com 22 pavimentos e 40 apartamentos ao todo, localizada na cidade de Fortaleza, Ceará (ver Figura 12). Durante a pesquisa, a obra encontrava-se em fase de acabamento e alguns dos serviços executados (instalações hidrossanitárias, elétricas e de incêndio, revestimento interno - cerâmica e porcelanato, esquadrias, revestimento de fachada, reboco e forro de gesso) podem ser visualizados nas imagens da Figura 15.

A obra pertencente à Empresa Alfa possuía uma equipe técnica para realizar o PCP da obra, que era composta por um Engenheiro responsável tanto pela produção como pelo planejamento; um supervisor de produção, que atuava como encarregado geral; e três encarregados de produção, sendo um responsável pelos serviços de instalações prediais, outro por controlar a execução dos serviços de áreas comuns e o último controlava as equipes de fluxo de materiais para abastecimento das frentes de serviço. Ainda havia um estagiário de engenharia responsável especificamente pelo controle de produção do serviço de fachada.

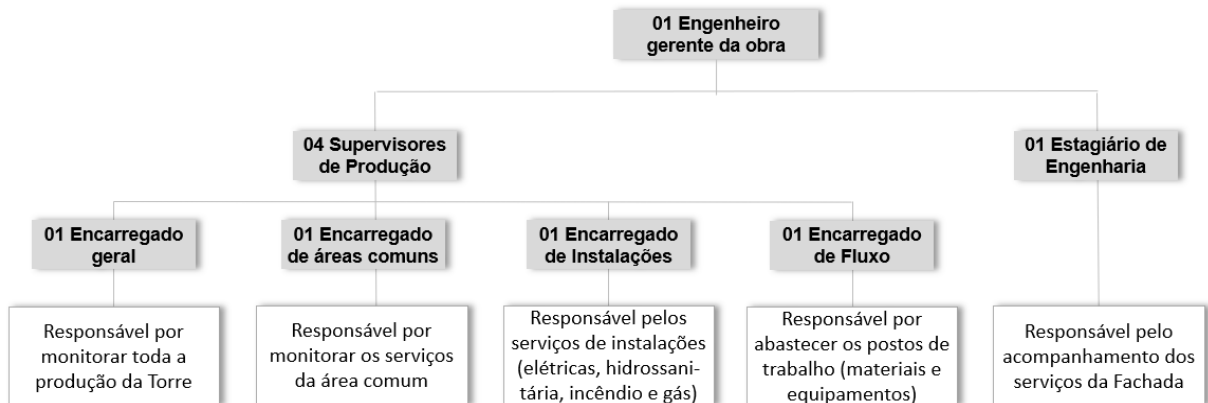
Figura 15 – Exemplos de serviços em execução na obra da Empresa Alfa



Fonte: do autor (2023).

A Figura 16, por sua vez, apresenta um organograma da equipe de PCP existente na obra da Empresa Alfa.

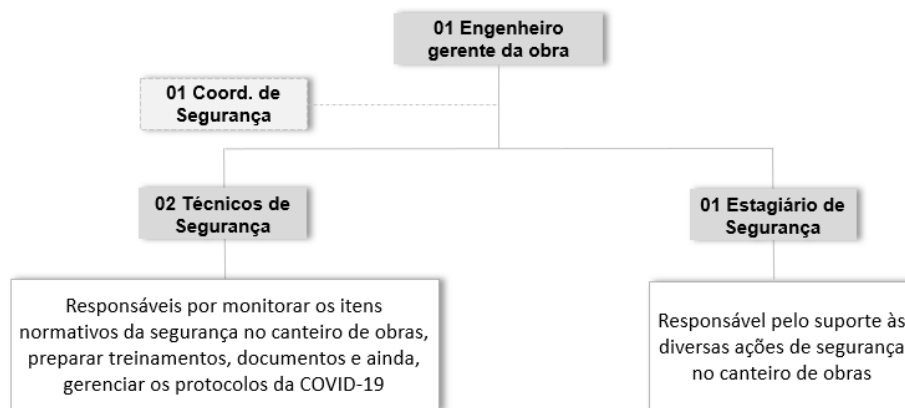
Figura 16 – Estrutura da equipe de PCP na obra da Empresa Alfa



Fonte: do autor (2023).

Na parte de segurança, existiam dois técnicos e um estagiário, sendo que não havia distinção sobre quem era responsável por itens normativos da segurança e aqueles específicos do protocolo de combate à COVID-19, prevalecendo uma gestão colaborativa. Essa equipe de campo se reportava a uma coordenadora geral de segurança, que também atuava nas demais obras da Empresa Alfa. Os gestores da segurança eram apoiados pelo próprio engenheiro da obra, que, dentro de suas obrigações, também era responsável por monitorar a parte da segurança do canteiro.

Figura 17 – Estrutura da equipe de segurança na obra da Empresa Alfa



Fonte: do autor (2023).

Observou-se também que, tanto entre a equipe de PCP como a da segurança, havia autonomia para que os gestores pudessem desenvolver suas ações de planejamento e controle, sendo estas supervisionadas pelo gestor da obra.

5.1.1 Análise das práticas de PCP e PCS adotadas na obra da Empresa Alfa

5.1.1.1 Planejamento e Controle da Produção na Empresa Alfa

Para o monitoramento geral do PCP e dos principais tópicos da obra, a Empresa Alfa costumava realizar reuniões quinzenais de planejamento (com caráter estratégico), das quais participavam o diretor técnico, o gestor da obra, a coordenadora de segurança e eventualmente, os representantes do setor de suprimentos e financeiro. Durante essas reuniões eram definidas soluções e estratégias para o cumprimento dos prazos e a garantia de ritmo da obra.

Observou-se que a Empresa Alfa possuía o LPS implantado em suas obras, o qual se mostrava bastante estruturado e difundido entre as equipes de PCP da obra analisada. Trabalhava-se, portanto, com o planejamento em três níveis hierárquicos: longo, médio e curto prazo.

O planejamento de longo prazo do empreendimento era realizado por meio de uma Linha de Balanço (LB) elaborada no *software* Microsoft Excel® e contemplava todas as atividades do projeto (ver Figura 18). A LB era utilizada para alimentar o planejamento de médio prazo, que por sua vez, auxiliava na preparação dos planos de curto prazo (semanais) da obra. Quanto à elaboração do plano de longo prazo e às reuniões para suas eventuais atualizações, participavam desses processos o diretor técnico, o gestor da obra e, em alguns casos, os supervisores de produção.

Figura 18 – Linha de Balanço empregada na obra da Empresa Alfa



Fonte: Empresa Alfa (2021).

O planejamento de médio prazo (PMP), por sua vez, também era elaborado no *software* Microsoft Excel® com um horizonte definido em 60 dias (Ver Figura 19). Este era acompanhado periodicamente pelo gestor da obra e sua atualização normalmente ocorria de 45 em 45 dias. Nesse nível de planejamento, trabalhava-se a identificação das restrições por pacotes de trabalho e a liberação

desses serviços para os planos de curto prazo. Participavam desse processo e Engenheiro da obra, os supervisores de produção e de segurança e, também, dos serviços terceirizados.

Ainda sobre o PMP da obra analisada, alguns produtos desse planejamento eram gerados e difundidos para promover um melhor controle da produção. Como exemplos, foram identificados os indicadores: IRR (Índice de Remoção de Restrições) e IRA (Índice de Realização de Atividades do Médio Prazo). O primeiro diz respeito à razão entre aquelas restrições identificadas na planilha de médio prazo e que foram realmente removidas em relação ao número total de restrições pontuadas no período (FORMOSO et al., 2001). O segundo é um indicador que analisa a razão entre a quantidade de atividades realizadas e quantidade total de atividades previstas no período, sendo este um indicador semelhante ao PPC, que, no entanto, era aplicado ao médio prazo.

A Figura 19 apresenta o modelo da planilha de médio prazo utilizada na obra da Empresa Alfa.

Figura 19 – Planilha modelo para Planejamento de Médio Prazo da Empresa Alfa

LOGOTIPO DA EMPRESA ALFA		LOGOTIPO DA OBRA		Obra: SIGILO		Período		REVISÃO		IRA: 77%																		
				Engenheiro: SIGILO		01/03/2021 a 24/04/2021		Data:																				
				Supervisor de Obra: SIGILO		PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO																						
EQUIPE	Descrição da tarefa	Pavimento	Restrições	Início	Fim	Duração	CK	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8						
								seg	ter	qu	qui	sex	sáb	dom	seg	ter	qu	qui	sex	sáb	dom	seg	ter	qu	qui	sex	sáb	dom
ESTRUTURA																												
ICD	CONCRETAR LAJE DA LIVREIRA	PIL		seg 9/3	seg 2/3	1																						
ICD	CONCRETAR ESPELHO D'ÁGUA GUARITA	PIL		seg 2/3	seg 3/4	1																						
ICD	TRANSFERIR ESCORAS PARA ESTRELAJÃO	PIL		seg 5/4	ter 9/4	1																						
ALVENARIA/REBOCO ÁREAS COMUNS																												
EQ 1	CONCLUIR MURO DO MEZANINO TRECHO OESTE	ME		seg 5/3	seg 2/3	1																						
EQ 1	FAZER MURETAS DOS BANCOS E SOLARIUM DO MEZANINO	ME		seg 2/3	seg 9/4	1																						
MANOEL	FAZER REBOCO FACHADA INTERNA TRECHO ZAIMENHOF	TE		seg 5/3	seg 2/3	1																						
MANOEL	FAZER ALVENARIA DA GUARITA	TE		seg 2/3	seg 3/4	1																						
EQ 2	CONCLUIR REBOCO DOS MUROS TÉRREO e MEZANINO	TE		seg 2/3	seg 10/4	1																						
MANOEL	INSTALAR CHAPIM NO MURO LATERAL SUL	ME		seg 5/4	qui 22/4	1																						
MARCAÇÃO DE SAJOTES																												
ANGELO	MARCAR SAJOTE APTO 102	TIPO		seg 2/3	seg 3/4	1																						

(a) Parte 1 – Horizonte do plano e pacotes de trabalho

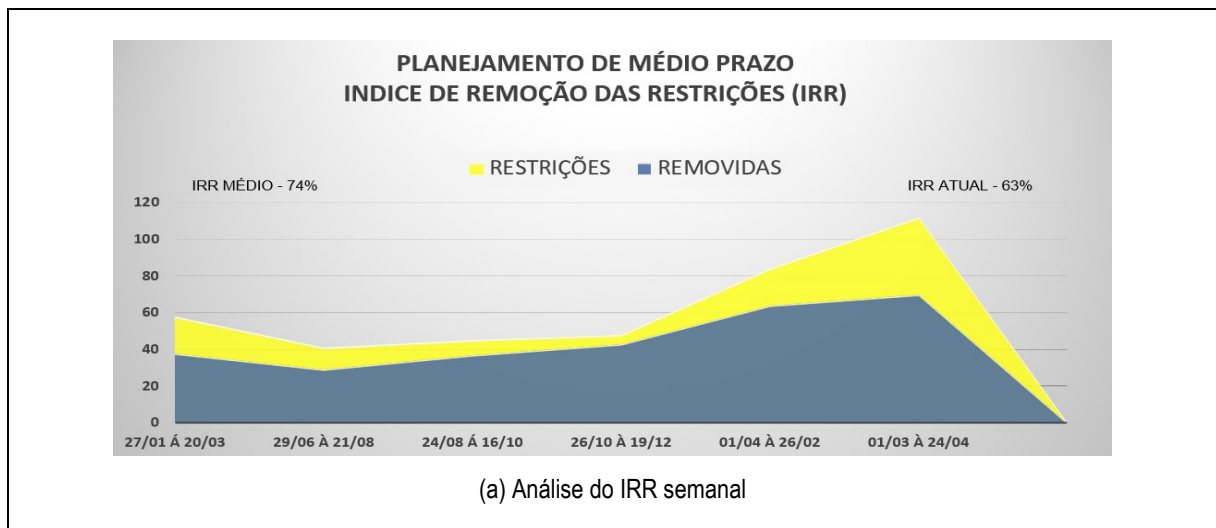
LOGOTIPO DA EMPRESA ALFA		OBRA: SIGILO		Data limite para remoção da restrição								IRR : 63,6%				
		Engenheiro: SIGILO		Semanas								OK (S/N)	Problema			
		SUP. DE OBRA : SIGILO		01/03 a 5/3 S1	08/03 a 12/3 S2	15/03 a 19/3 S3	22/03 a 26/3 S4	29/03 a 2/4 S5	05/04 a 9/4 S6	12/04 a 16/4 S7	19/04 a 23/4 S8					
Nº	Descrição da Restrição	RESPONSÁVEL	Data													
CANTEIRO																
18	COLOCAR CONTAINERS DE ENTULHO PARA DENTRO DA OBRA	JEFFERSON	9-abr-21								9/4			S		
19	MUDANÇA DA SALA TÉCNICA PARA APTO 501	EDMAR	23-abr-21											23/4	S	
20	CRIAR DEPÓSITO PARA ESQUADRIAS METAL LESTE	JEFFERSON	16-abr-21										16/4		N	
PRODUÇÃO TORRE																
21	FECHAR PACOTES FACHADA	EDMAR	26-mar-21				26/3								S	
22	PEDIR MATERIAL PARA IMPERMEABILIZAÇÃO DA CAIXA D'ÁGUA	ELENILSON	26-mar-21				26/3								S	
23	SOLICITAR ESCADAS DE MARINHEIRO E POÇOS DOS ELEVADORES	EDMAR	26-mar-21				26/3								S	
24	LIBERAÇÃO DE APARTAMENTOS PARA INÍCIO DAS ESQUADRIAS	EDMAR	16-abr-21										16/4		N	
25	LIBERAÇÃO DE APARTAMENTOS PARA INÍCIO DO ASSENTAMENTO DAS PORTAS DE MADEIRA	EDMAR	23-abr-21											23/4	N	
26	EXECUTAR ACABAMENTO INTERNO DO ELEVADOR EASY DELIVERY	EDMAR	23-abr-21											23/4	S	
27	LIBERAR IMPERMEABILIZAÇÃO DO BARRILETE	EDMAR	16-abr-21										16/4		S	
28	LIBERAR APARTAMENTOS PARA EMASSAMENTO PVA	EDMAR	9-abr-21								9/4				S	

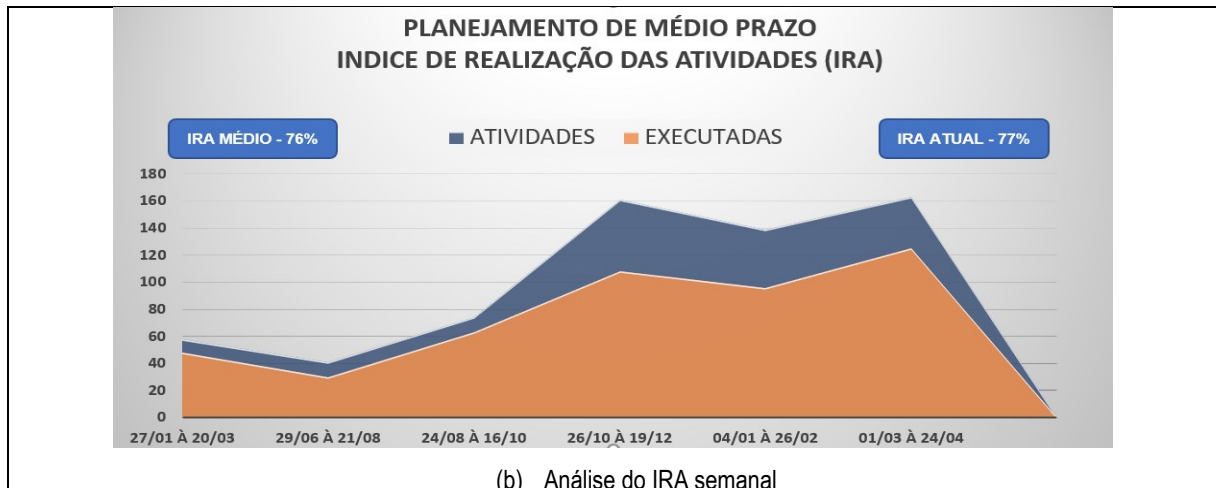
(b) Parte 2 – Descrição das restrições e seus responsáveis

Fonte: Empresa Alfa (2021).

Já a Figura 20 exemplifica alguns indicadores trabalhados nesse nível de planejamento de médio prazo na obra da empresa Alfa.

Figura 20 – Exemplos de indicadores empregados no médio prazo da Empresa Alfa





Fonte: Empresa Alfa (2021).

Buscou-se entender, ainda, sobre a participação dos supervisores de produção na elaboração do PMP na obra da Empresa Alfa. O engenheiro encarregado informou que ele era o responsável principal pela elaboração desse plano, mas frisou a importância da participação desses outros intervenientes no refinamento da planilha de médio prazo, considerando as suas visões técnicas e operacionais sobre a execução das atividades e suas restrições. O trecho de entrevista destacado adiante reforça tal observação.

Trecho de entrevista com o Engenheiro da Obra: “...Geralmente isso parte de mim mesmo. O que acontece é de eu fazer o Médio Prazo e eles olharem e sugerirem suas contribuições em cima do que foi elaborado. E gosto de trabalhar dessa forma, pois, em alguns casos, eles têm sugestões melhores de planos de ataque por estarem no dia a dia da obra...”.

Com relação à participação de encarregados dos serviços terceirizados na elaboração do PMP, foi informado pelo gestor da obra que estes não participavam diretamente das reuniões e nem da sua elaboração. No entanto, costumava-se coletar *feedbacks* desses profissionais quando suas atividades eram incluídas no médio prazo. Frisou-se que as restrições das atividades relacionadas aos terceirizados serviam como instrumento de cobrança da produção e de suprimentos para essas equipes, conforme o relato que segue.

Trecho de entrevista com o Engenheiro da Obra: “...Os terceirizados não participam de nenhuma reunião do PMP, o que acontece é que nós pegamos seus *feedbacks* em relação a algumas atividades, seja por reuniões de alinhamento ou de curto prazo, e aí vamos montando a planilha de médio prazo com base no longo prazo. Então o PMP para eles serve mais como instrumento para cobrança em relação às restrições de sua responsabilidade...”.

Já em relação ao planejamento de curto prazo, observou-se que havia uma sólida rotina entre o gestor da obra e os encarregados de produção com relação às práticas desse nível de planejamento. Conforme já mencionado no subitem 5.1 (Contexto do Estudo 1), a obra da Empresa Alfa

possuía uma vasta equipe de planejamento e controle da produção (ver Figura 16), na qual cada um dos supervisores de produção era responsável por elaborar a planilha de curto prazo de acordo com as atividades do seu setor, contando, ainda, com a participação de líderes das equipes nesse processo. A partir daí o engenheiro da obra validava os planos e, com isso, dava-se início ao ciclo de planejamento do curto prazo. O trecho de entrevista com o gestor da obra sobre a eficácia desse planejamento é apresentado na sequência e reforça tal afirmação.

Trecho de entrevista com o Engenheiro da Obra: “...quem faz o Curto Prazo são os próprios líderes de equipes, junto com os supervisores. A gente vê que o envolvimento deles é muito grande. Eles realmente puxam a produção e há uma sinergia entre todos. As reuniões de curto prazo são semanais, ocorrem todas as sextas feiras.”.

As reuniões de curto prazo, como frisou o gestor da obra, ocorriam semanalmente. Nesse sentido, a obra trabalhava com um modelo próprio da planilha de curto prazo, indicando os pacotes de trabalho, suas equipes responsáveis, o acompanhamento previsto e realizado das atividades, bem como do indicador PPC. A Figura 21 apresenta o modelo da planilha de curto prazo utilizada no empreendimento analisado.

Figura 21 – Modelo da planilha de curto prazo utilizada na obra da Empresa Alfa

PLANEJAMENTO SEMANAL DE TAREFAS											PORCENTAGEM DA PROGRAMAÇÃO CONCLUÍDA			
SEMANA DE 28/06/2021 À 02/07/2021											PPC = 96%			
Elaborado por: EDMAR											Elaborado em: 24/06/2021			
Programação nº 90														
PRODUÇÃO														
Nº	ATIVIDADE	EQUIPE	Presença Ocorrência	seg (28)	ter (29)	qua (30)	qui (01)	sex (02)	sáb (03)	SITIO (04)	Nº CAUSA	DESCRIÇÃO CAUSAS	A - ACEITO; CI - CORRIGIDO EM INSPEÇÃO; R - REPROVADO	
##	REJUNTE PASTILHA SACADA E SHAF WCS COZINHA APART. 1401	ALICE/DENISE	P	X	X	X	X	X			S	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO _____ 2ª INSPEÇÃO _____ ()A ()CI ()R ()A ()CI ()R	
##	FIB ESCADA (LIXAMENTO PISO) 1º AO 10º PAV	RAMUNDO EMERSON	P	X	X	X	X	X			S	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO _____ 2ª INSPEÇÃO _____ ()A ()CI ()R ()A ()CI ()R	
	REJUNTE SHAFT E RODAPE APART. 1001	GAROTE	P	X	X	X	X	X			S	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO _____ 2ª INSPEÇÃO _____ ()A ()CI ()R ()A ()CI ()R	
1	REJUNTE PASTILHA SACADA APART. 1401	MARIA LUCIA	P	X	X	X	X	X			S	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO _____ 2ª INSPEÇÃO _____ ()A ()CI ()R ()A ()CI ()R	
2	ASSENTAMENTO DE AMADORES APART. 170215011502	CLEDISON	P	X	X	X	X	X			S	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO _____ 2ª INSPEÇÃO _____ ()A ()CI ()R ()A ()CI ()R	
3	REABERTURA NICHOS PARA K7 APART. 11011102	EVANILDO ANTONIO GOMES	P	X	X	X	X	X			S	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO _____ 2ª INSPEÇÃO _____ ()A ()CI ()R ()A ()CI ()R	
4	CHUBAMENTO TUBULAÇÕES APART. 202	XAVIER MARCOS AMARAL	P	X	X	X	X	X			S	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO _____ 2ª INSPEÇÃO _____ ()A ()CI ()R ()A ()CI ()R	
5	IMPERMEABILIZAÇÃO SHAF HIDRAULICO 1º A 21º PAV	MARCOS AMARAL	P	X	X	X	X	X			S	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO _____ 2ª INSPEÇÃO _____ ()A ()CI ()R ()A ()CI ()R	
6	CONTRAMARCO VARANDA APART. 2101	MARCELLO MOISES	P	X	X	X					S	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO _____ 2ª INSPEÇÃO _____ ()A ()CI ()R ()A ()CI ()R	
7	CONTRAMARCO VARANDA APART. 2102	MARCELLO MOISES	P			X	X	X			S	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO _____ 2ª INSPEÇÃO _____ ()A ()CI ()R ()A ()CI ()R	
8	EMESTRAMENTO PAREDE COBERTURA	TOME	P	X	X	X					S	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO _____ 2ª INSPEÇÃO _____ ()A ()CI ()R ()A ()CI ()R	
9	REGULARIZAÇÃO DE BASE TAMPA D' AGUAS	TOME	P				X	X			R	8 Superestimação da Produção	1ª INSPEÇÃO _____ 2ª INSPEÇÃO _____ ()A ()CI ()R ()A ()CI ()R	
10	DIVISORIA DE GESSO AREA SECA APART. 1602 - 50% FINAIS	MIZUEL	P	X	X	X					S	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO _____ 2ª INSPEÇÃO _____ ()A ()CI ()R ()A ()CI ()R	
11	DIVISORIA DE GESSO AREA SECA APART. 1402 - 50% INCIAS	MIZUEL	P			X	X	X			R	4 Falta de Material	1ª INSPEÇÃO _____ 2ª INSPEÇÃO _____ ()A ()CI ()R ()A ()CI ()R	

Fonte: Empresa Alfa (2021).

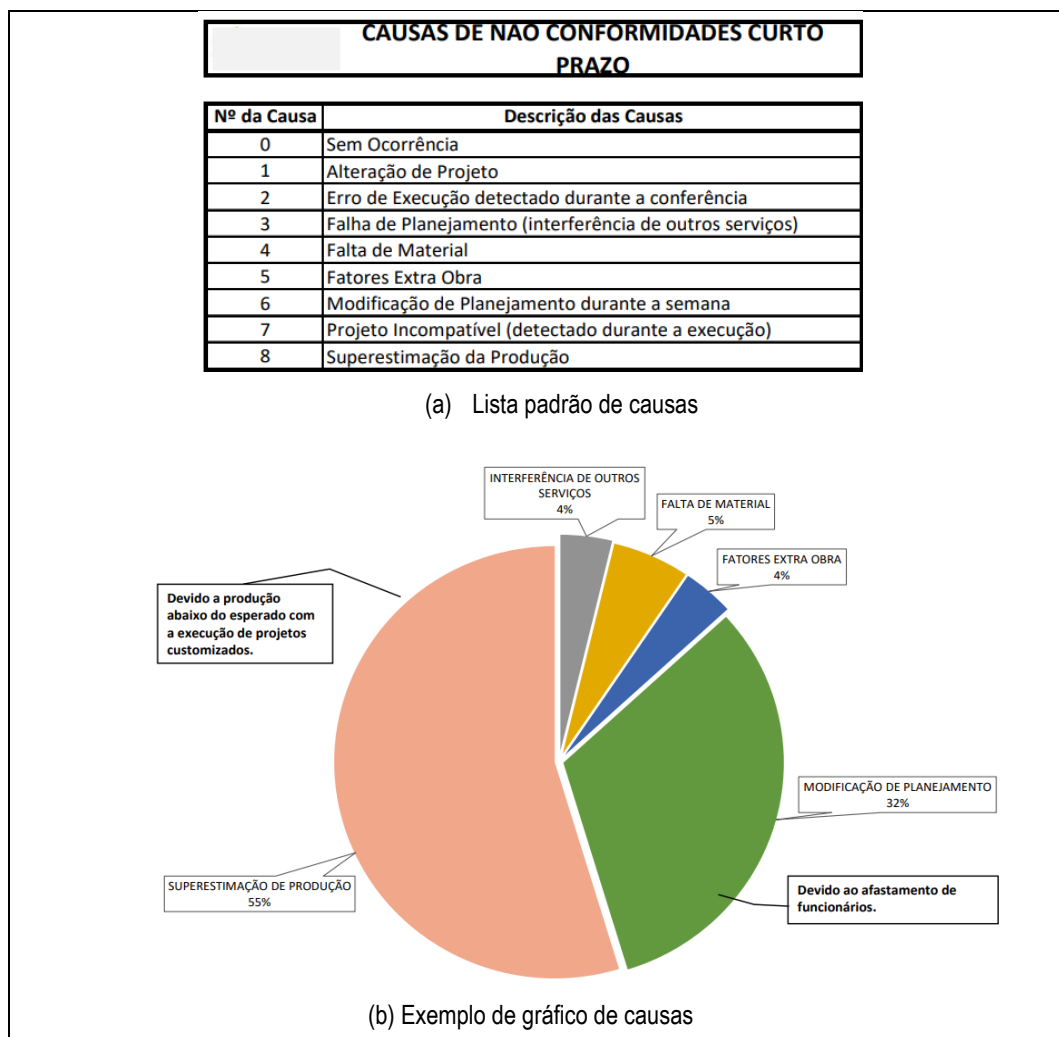
Sobre os pacotes de trabalho incluídos no curto prazo, a quantidade de serviços e a dimensão das equipes eram adicionados a partir das informações da LB e do PMP. Com relação ao dimensionamento das equipes, foi informado que esse dado era originado a partir do histórico de produtividades das obras anteriores. No entanto, um diferencial adotado no empreendimento estudado foi a eliminação da figura do ajudante em alguns pacotes de trabalho. Ou seja, em casos gerais nos quais

se tem uma equipe com dois profissionais e um ajudante (ex.: dois pedreiros e um servente), na obra da Empresa Alfa ocorria de algumas dessas equipes serem compostas apenas pelos dois pedreiros.

Para aqueles pacotes de trabalho que apresentassem algum atraso ou problema durante o curto prazo, realizava-se o estudo das causas que impediam a sua execução, sendo que estas já estavam previamente definidas em uma lista padrão daquela obra (ver Figura 22.a). Posteriormente, uma análise crítica (Figura 22.b) dessas causas era realizada pela equipe de PCP, que resultava em ações corretivas para os imprevistos mais frequentes.

Durante a participação do pesquisador em algumas reuniões de curto prazo, percebeu-se que o engenheiro da obra costumava ter em mãos a planilha de médio prazo nesses encontros, e que frequentemente alertava aos encarregados sobre algumas atividades a serem consideradas nos planos de curto prazo das semanas seguintes. Essa prática representa o comprometimento do gestor com o PCP e a eficácia da integração entre os níveis de planejamento.

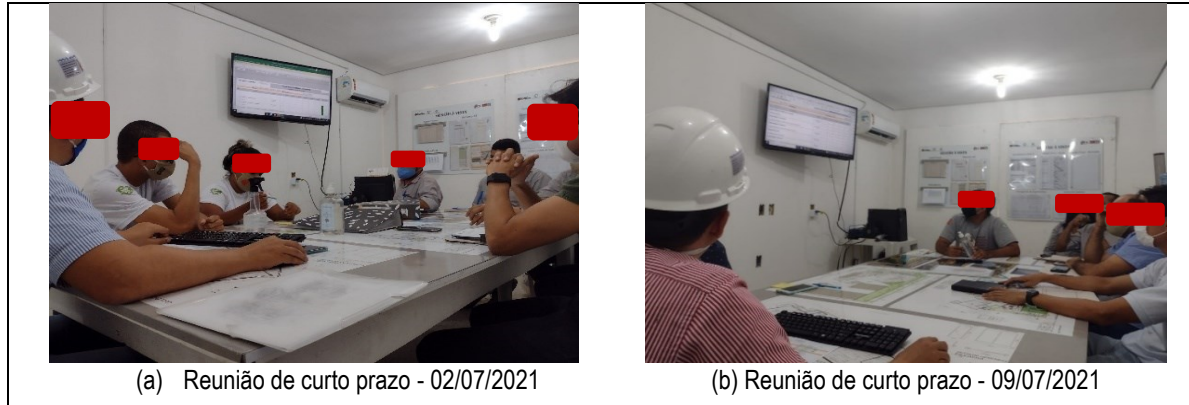
Figura 22 – Análise de causas empregada no curto prazo da Empresa Alfa



Fonte: Empresa Alfa (2021).

A Figura 23 apresenta registros de algumas reuniões de curto prazo acompanhadas pelo pesquisador na obra da Empresa Alfa.

Figura 23 – Registros de reuniões de curto prazo acompanhadas na Empresa Alfa



Fonte: do autor (2023).

A dinâmica das reuniões de curto prazo foi um ponto de destaque observado na obra objeto de estudo devido à periodicidade desses encontros (rigorosamente semanais), à participação dos intervenientes das equipes de PCP e da segurança¹, além da estrutura de condução da reunião, que a tornava objetiva e eficaz. Esses encontros duravam aproximadamente uma hora e ocorriam geralmente no último dia da semana. Na ocasião, discutiam-se as programações da semana finalizada (atual) e em também as da semana posterior.

Observou-se que as reuniões de curto prazo eram divididas por setores de programação da obra, dos quais cada encarregado apresentava o acompanhamento do seu plano semanal, o resultado do PPC e as soluções para eventuais problemas identificados na execução dos pacotes. Assim, os assuntos eram tratados conforme a sequência de setores de produção (não necessariamente nesta ordem):

- Fachada;
- Áreas comuns;
- Abastecimento dos pavimentos (fluxos);
- Instalações prediais;
- Produção da torre;
- Segurança;

Uma boa prática observada durante essas reuniões era a utilização de um painel digital para apresentação dos planos de curto prazo (ver Figura 23), que permitia uma maior visibilidade,

¹ A participação da equipe de segurança nas reuniões de curto prazo será comentada com mais detalhes no subitem 5.1.1.2

objetividade e transparência das informações discutidas entre os participantes. Foi frisado pelo engenheiro da obra que normalmente a parte de segurança era discutida por último na reunião de curto prazo. Dessa forma, ao se planejarem as atividades de SST da semana seguinte, atentava-se para os itens referentes aos pacotes de produção discutidos pelos outros setores e que poderiam implicar em itens adicionais ao plano de curto prazo da segurança.

Ressalta-se, ainda, que, durante as reuniões de curto prazo acompanhadas pelo pesquisador, não foi observada a participação de um representante do setor de suprimentos da obra, sendo que em algumas ocasiões a falta de material era citada como uma das causas para o não cumprimento de determinadas atividades (ver Figura 22.b). No entanto, a participação eventual de encarregados dos serviços terceirizados, como por exemplo, revestimento de gesso, pôde ser observada e, inclusive, estes intervenientes também precisavam apresentar o acompanhamento dos seus pacotes de trabalho, bem como uma previsão de atividades para a semana seguinte. O trecho de entrevista com o gestor da obra apresentado em seguida reforça essa afirmação.

Trecho de entrevista com o Engenheiro da Obra: *“...a gente envolve os terceirizados também, eles já massificaram a ideia do curto prazo e eles mesmos trazem o curto prazo para a gente acompanhar e medir a porcentagem de serviços concluídos...”*.

Ainda no contexto de PCP, observou-se que a Empresa Alfa utilizava o BIM para auxiliar o processo gestão do empreendimento. Essa tecnologia havia sido implantada ainda durante a fase de desenvolvimento dos projetos daquela obra. Além disso, verificou-se evidências de uma possível aplicação do BIM 4D, na qual os gestores conseguiam monitorar o progresso (previsto) da obra em tempo real por meio da modelagem, embora essa prática não tenha sido observada como uma rotina sólida do dia a dia dos gestores. A Figura 24 apresenta o modelo BIM do empreendimento analisado.

Figura 24 - Modelo BIM do empreendimento da empresa Alfa



Fonte: Empresa Alfa (2021).

Em relação às implicações da pandemia de COVID-19 no contexto do PCP da obra analisada, quando questionado sobre esses impactos, o engenheiro gestor informou alguns pontos específicos que merecem destaque:

- a) As reuniões gerenciais (quinzenais) passaram a ocorrer em modo remoto (*on-line*). Já as de curto prazo ocorriam presencialmente, mas os cuidados contra o COVID-19, ou seja, o distanciamento, o uso de máscaras, o uso de álcool em gel e o afastamento de pessoas que apresentavam algum sintoma;
- b) O planejamento de longo prazo do empreendimento sofreu uma reprogramação extraordinária devido às interrupções de trabalho decretadas a nível estadual e local (FORTALEZA, 2020a), ação, esta, ocorrida ainda no início da crise sanitária (março a junho 2020), sendo que outras reprogramações foram necessárias no decorrer dos meses seguintes de acordo com as necessidades sanitárias e logísticas da obra. No geral, o cronograma do empreendimento teve de ser reprogramado, acrescentando-se aproximadamente seis meses ao seu prazo de entrega (especificamente em relação aos impactos da pandemia);
- c) Um dos problemas relatados como mais recorrentes durante o período da crise sanitária foi a falta de materiais. Segundo o gestor da obra, o fornecimento se tornou

errático, sendo que em alguns casos, pedidos que normalmente eram atendidos em 30 ou 45 dias passaram a ser entregues em até 270 dias;

- d) A produtividade geral obra apresentou um déficit estimado em 12% somente no primeiro trimestre do ano de 2021. Isso ocorreu, principalmente, devido aos afastamentos recorrentes de alguns funcionários (casos suspeitos de infecção por COVID-19, grupos de risco etc.), além do problema já citado anteriormente, referente ao atraso de material.

Por fim, é importante ressaltar que a referida obra também trabalhava com ferramentas da Construção Enxuta como o *kanban* para controles de estoque e fluxos, elementos de gestão visual, programas de implantação da melhoria contínua (*kaizen*) a partir informações referentes a obras anteriores, dentre outras. Além disso, a Empresa Alfa realizava testes com a tecnologia digital AGILEAN de planejamento e controle, conhecida por tornar o processo de PCP mais ágil e confiável. Por exemplo, a própria LB poderia ser simulada em poucos minutos dentro do sistema AGILEAN e as reprogramações que porventura fossem necessárias, poderiam ocorrer em tempo real entre as atividades. No entanto, a adesão definitiva desse sistema citado estava prevista apenas para as obras posteriores, uma vez que a obra atual já se encontrava em um estágio bastante avançado.

5.1.1.2 Planejamento e Controle da Segurança na Empresa Alfa

Assim como a maioria das empresas do setor de construção, a Empresa Alfa buscava atender principalmente aos requisitos normativos legais no controle da segurança. As instruções normativas para controle da segurança aplicadas à construção civil foram comentadas no referencial teórico desse estudo (ver Quadro 4, no subitem 2.3). Dessa forma, o desenvolvimento dos planos e documentações preventivistas obrigatórias (ex.: na ocasião, o PCMAT, PCMSO, avaliação de riscos, dentre outros) ocorria normalmente naquela obra, assim como a execução dos protocolos de prevenção à contaminação por COVID-19.

Conforme já apresentado pela Figura 17, a equipe de gestão da segurança no empreendimento analisado era composta por quatro gestores (contando com o próprio engenheiro da obra, uma coordenadora de segurança e dois técnicos de segurança do trabalho) além de um estagiário que apoiava diretamente os dois técnicos em suas atividades de campo.

A coordenadora de segurança era responsável pelo planejamento das ações de segurança de todas as obras da Empresa Alfa, por esta razão, ela não trabalhava diariamente no canteiro estudado (geralmente estava presente duas vezes por semana). No entanto, ela monitorava os indicadores

reportados pelos gestores das obras e organizava auditorias de segurança periódicas para garantir a eficácia do sistema de SST.

Os dois técnicos de segurança do trabalho, juntamente com o estagiário, atuavam fortemente como fiscais e, dentre outras atribuições, controlavam o uso de EPI, a adequação ou falta de proteções coletivas nos ambientes de trabalho, a realização dos treinamentos em SST e reportavam os principais problemas para a coordenadora da segurança e ao engenheiro da obra. Esses últimos atuavam como os decisores principais (reativos) em relação à segurança, embora houvesse boa autonomia para que os dois técnicos pudessem tomar algumas decisões táticas e operacionais, como por exemplo, a aplicação de recursos materiais ou humano para a solução de riscos à segurança no canteiro.

Visando o cumprimento das principais medidas normativas de segurança do canteiro, o PCMAT era um dos elementos chave para o atendimento aos pressupostos da NR-18. Conforme orientado pela referida norma, o programa aplicado na obra objeto de estudo indicava as ações para identificação e controle de riscos por setor de trabalho, as proteções coletivas e individuais (EPI) necessárias, o dimensionamento de áreas de vivência, os protocolos de saúde e exames médicos necessários, dentre outros. Assim, os dois técnicos de segurança eram os responsáveis por colocarem em prática e monitorar as medidas indicadas no PCMAT de acordo com o período em que a obra se encontrava.

Vale ressaltar que a gestão da segurança no empreendimento analisado também apresentava evidências sólidas da prática de PCS (SAURIN, 2002, CAMBRAIA, 2004), uma vez que os gestores da segurança atuavam naturalmente com o planejamento e controle por meio da difusão dos planos de longo, médio e curto prazo e suas ações correlatas.

Na parte de planejamento, os planos da segurança eram elaborados de acordo com os planos da produção, associando-se, às atividades previstas no PCP, os recursos e restrições referentes à segurança de cada pacote de trabalho. Dessa forma, o planejamento de longo prazo da segurança foi elaborado para todo o horizonte da obra, e depois deu suporte para os planos de médio e curto prazo. O trecho de entrevista apresentado na sequência reforça a visão da coordenadora de SST sobre integração entre o longo prazo da produção e o da segurança.

Trecho de entrevista com a Coord. da Segurança: *“Quando está sendo feito o planejamento da obra, o pessoal da produção faz o seu plano de longo prazo. Depois que eles estruturam esse longo prazo deles, em cima das atividades que eles planejaram para toda a obra, eu vejo o que vai ser preciso da parte de segurança. Por exemplo, em que momento será montado um elevador cremalheira, uma minigrua, então eu consigo ver o planejamento da segurança para a obra inteira...”*

O planejamento de médio prazo da segurança era extraído a partir do cronograma de longo prazo e consistia numa planilha contendo a programação de recursos, ações e restrições voltados para

o aspecto da segurança, sendo necessariamente mais detalhados. Neste caso, observou-se uma diferença entre os planos de médio prazo da produção e da segurança, uma vez que o primeiro adotava um horizonte de dois meses, enquanto o segundo utilizava três meses. Além disso, foi informado que a atualização do médio prazo referente à segurança ocorria a cada final de ciclo, ou seja, de três em três meses. O trecho de entrevista com a coordenadora de segurança reforça a metodologia utilizada na criação do médio prazo.

Trecho de entrevista com a Coord. da Segurança: “...com o planejamento de longo prazo finalizado, eu retiro uma fatia de três meses, que vai ser o plano de médio prazo. Nesse médio prazo eu vejo o que precisa ser detalhado, porque não tem como colocar tudo no longo prazo. Então no médio prazo, de 3 em 3 meses a gente tem uma reunião para atualizar, colocar as novas restrições que serão trabalhadas para que aquelas atividades possam funcionar.

Já o planejamento de curto prazo da segurança desenvolvido na obra analisada, dizia respeito à programação semanal de ações, treinamentos e inspeções a serem realizadas no canteiro. Neste horizonte de planejamento, os técnicos de segurança eram responsáveis pela elaboração da planilha de curto prazo, o acompanhamento do “PPC da segurança”, um indicador assim chamado na Empresa Alfa que equivalia ao PPS (SAURIN, 2002), além de participarem rigorosamente das reuniões semanais.

A Figura 25 apresenta o modelo da planilha de curto prazo da segurança empregado na obra, sendo este uma adaptação do que era aplicado ao planejamento semanal da produção.

Figura 25 – Modelo da planilha de curto prazo da segurança utilizada na Empresa Alfa

PLANEJAMENTO SEMANAL DE TAREFAS										PORCENTAGEM DA PROGRAMAÇÃO CONCLUÍDA				
SEMANA DE 28/06/2021 À 02/07/2021										PPC = 100%				
Elaborado por: DAVID / VALDEZA / Elaborado em: 06/06/2021														
SEGURANÇA		Programação nº 46												
Nº	ATIVIDADE	EQUIPE	Presen. inspeção	seg (28)	ter (29)	qua (30)	qui (01)	sex (02)	sáb (03)	OK / PNC	Nº ordem	DESCRIÇÃO CAUSAS	A - ACEITO; CI - CORRIGIDO EM INSPEÇÃO; R - REPROVADO	
1	BALANÇAS REALIZAR INSPEÇÃO	PABLO	P	X						S	1	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR	2ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR
2	DIPA 2020/2021 REALIZAR REUNIÃO	DAVID / VALDEZA	P			X				S	2	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR	2ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR
3	BRIGADA DE INCENDIO REALIZAR REUNIÃO	DAVID / VALDEZA	P			X				S	3	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR	2ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR
4	ESCADA PROVISÓRIA CAIXA D'ÁGUA COLOCAR ANTI-DERRAPANTE NOS DEGRAUS	TEODOSIO	P	X	X					S	4	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR	2ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR
5	PROTEÇÃO COLETIVA REVISAR PROTEÇÃO	TEODOSIO	P	X	X	X	X	X	X	S	5	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR	2ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR
6	BALANÇA (B-01) TREINAR FUNCIONÁRIO DA IMPERBRAS PARA TRABALHO NO ANDAIME	DAVID / VALDEZA	P	X						S	6	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR	2ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR
7	LINHA DE VIDA REFAZER LINHA DE VIDA TERREO (ÁREA DE VENTILAÇÃO)	TEODOSIO	P	X						S	7	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR	2ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR
8	ASO COBRAR CORREÇÃO DOS ASOS	DAVID / VALDEZA	P	X	X	X	X	X	X	S	8	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR	2ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR
9	PODO DO ELEVADOR ACOMPANHAR SERVIÇO DA MONTAGEM DO EQUIPAMENTO	DAVID VITORIA/ VALDEZA	P	X	X	X	X	X	X	S	9	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR	2ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR
10	ABERTURA DE PISO REVISAR ABERTURAS	TEODOSIO CALBI	P			X	X	X		S	10	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR	2ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR
11	KIT HIGIENE FAZER ENTREGA DOS KITS	VITORIA	P				X	X		S	11	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR	2ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR
12	DIA DA GENTILEZA REALIZAR AÇÕES	VITORIA	P				X			S	12	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR	2ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR
13	TERCEIRIZADOS REVISAR DOCUMENTAÇÃO	CIDA/VALDEZA/VIT ORIA	P	X	X	X	X	X	X	S	13	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR	2ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR
14	COMBATE A DENGUE FAZER COMBATE A DENGUE	ROMANA	P	X		X		X		S	14	Sem Ocorrência	1ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR	2ª INSPEÇÃO ()JA ()CI ()JR

Fonte: Empresa Alfa (2021).

Durante a participação do pesquisador nas reuniões de curto prazo, percebeu-se que os assuntos referentes à segurança eram tratados em todos os encontros semanais e com o mesmo grau de importância dos itens de produção. Essa rotina de inclusão da segurança nas reuniões gerenciais e de curto prazo já ocorria naturalmente nas obras da Empresa Alfa.

Ao ser questionada sobre a influência dos requisitos da segurança sobre o planejamento da produção, a coordenadora de segurança exemplificou com alguns casos em que a obra levou em consideração alterar a programação de alguns itens devido aos aspectos de SST, como por exemplo durante a execução das fundações e da estrutura de concreto, nos quais a montagem dos itens de segurança (telas e bandejas de proteção) era prioritário para a execução desses serviços. No entanto, a gestora frisou que essa atitude não era necessária com frequência por causa da boa integração existente entre os planos de produção e da segurança, que evitava parte dos problemas referentes às deficiências de interação/comunicação entre esses setores. O trecho de entrevista apresentado na sequência reforça tal afirmação.

Trecho de entrevista com a Coord. da Segurança: *“Geralmente a gente (equipe de segurança) pensa bastante sobre isso durante a elaboração do longo prazo, esse planejamento é para isso, antecipar essas questões. A gente olha os serviços que a produção planejou e tenta se antecipar sobre a segurança. Vamos supor que será necessário desmontar um elevador cremalheira, mas de uma forma diferente do que é feito normalmente porque alguma coisa não estava dando certo (inseguro), então eles mudam a atividade deles para otimizar a segurança, sendo que é tudo muito bem conversado. Isso pode alterar o médio prazo deles e o curto prazo também, mas, pelo fato de a gente também trabalhar com os planos de longo e médio prazo, não acontecem muitos imprevistos onde se precisa mudar algo com frequência na produção”.*

Uma vez que a obra analisada já apresentava evidências da aplicação do PCS, buscou-se compreender sobre a visão dos trabalhadores e se eles recebiam treinamento formal para o atuarem de acordo com os planos da segurança. Segundo a equipe de segurança, os operários não recebiam treinamento sobre o longo e o médio prazo, mas em relação ao planejamento de curto prazo para que houvesse um maior engajamento e responsabilidade com os itens da segurança.

Em relação ao controle da segurança, a obra analisada trabalhava com indicadores para avaliação do desempenho em segurança do trabalho, sendo os principais citados: nº de acidentes, nº de quase-acidentes, indicadores de realização dos treinamentos e indicadores de afastamentos. Esses indicadores costumavam ser registrados em um livro físico no decorrer da obra e depois analisados pela equipe de segurança.

Tendo em vista o acompanhamento desses indicadores citados, a obra analisada também trabalhava com sistemas de punição ou premiação de acordo com o desempenho da segurança. As punições ocorriam em casos de não cumprimento das orientações de segurança (advertências verbais, por escrito ou suspensões). Já as premiações ocorriam a partir do cumprimento das metas pré-

estabelecidas para a segurança e das pontuações obtidas nas auditorias internas de SST. A principal vantagem citada quanto à aplicação das premiações foi o aumento da motivação dos trabalhadores e a redução dos eventos inseguros na obra.

Além das aplicações de PCS já evidenciadas, outras boas práticas foram observadas no canteiro de obras da Empresa Alfa, como por exemplo: a participação da segurança nas reuniões gerenciais da produção (quinzenais), a utilização de ferramentas para gestão visual da segurança (ex.: indicador “dias sem a ocorrência de acidentes de trabalho”, placas de sinalização, outros), um rigoroso controle de treinamentos e o bom relacionamento entre os gestores da segurança e as equipes de produção (este último foi relatado diretamente por alguns operários).

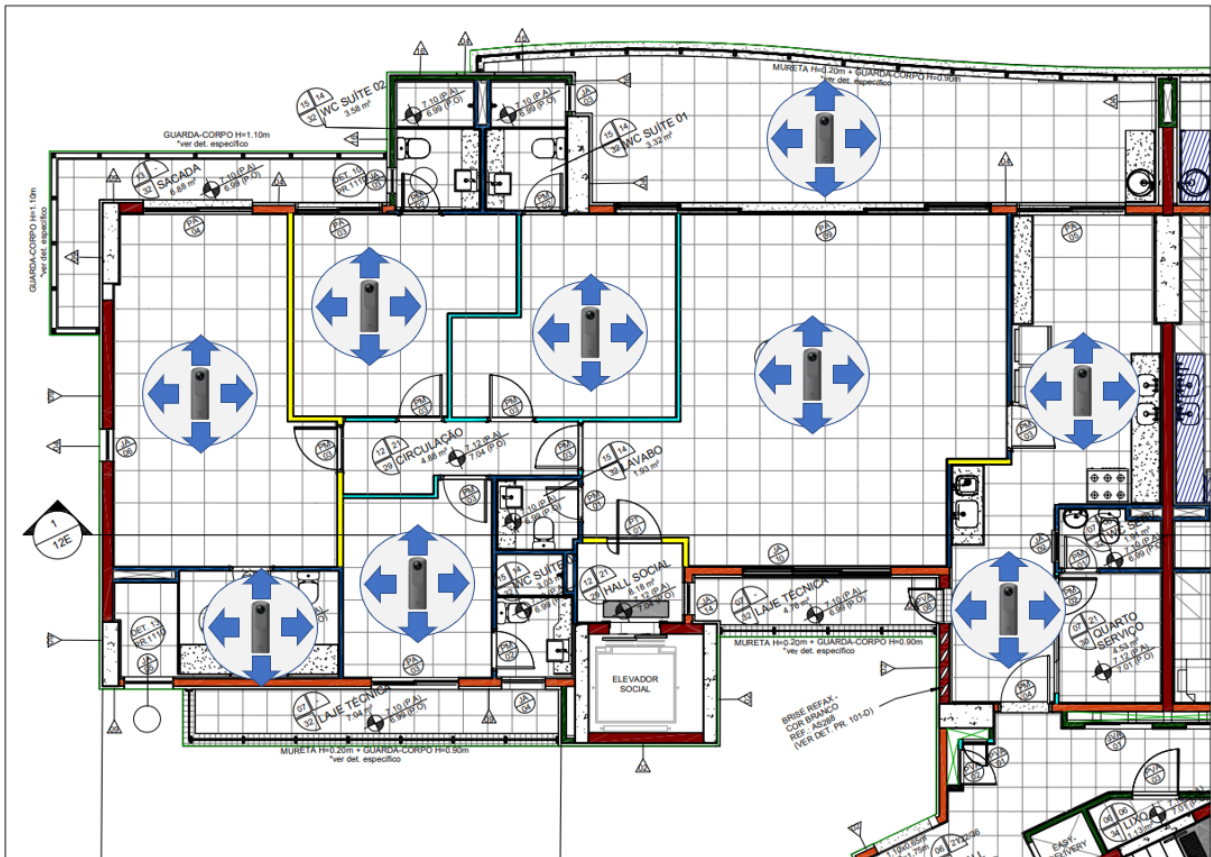
Em relação às implicações da pandemia de COVID-19 no contexto do PCS na obra analisada, quando questionada sobre esses impactos, a coordenadora de segurança informou alguns pontos específicos que merecem destaque:

- a) Após o início da crise sanitária, os novos protocolos e ações decorrentes exigiram uma maior dedicação da equipe de segurança no que diz respeito às medidas de SST. Além disso, os itens adicionais dos protocolos não foram incluídos no longo prazo, mas passaram a fazer parte dos planos de médio e curto prazo;
- b) O risco de contaminação foi um fator que exigiu uma administração diária, principalmente nos primeiros meses de enfrentamento da COVID-19. Em decorrência disso, para alguns serviços mais críticos foi necessário a redução da quantidade de equipes para não haver aglomeração;
- c) As medidas de controle da COVID-19 foram incluídas como observações no PCMSO (Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional) da obra analisada, uma vez que este programa trata também sobre riscos biológicos no ambiente de trabalho. Da mesma forma, foram necessárias algumas adaptações no PCMAT do empreendimento.

5.1.2 Aplicação de tecnologias digitais no contexto de PCP e PCS da Empresa Alfa

Seguindo-se o protocolo elaborado para os estudos empíricos (Apêndice 7), foram realizados testes com a Câmera 360 graus na obra da Empresa Alfa que, conforme foi descrito no Quadro 13 (seção de Método), ocorreram em três unidades padrão ainda em construção dentro do referido empreendimento. As unidades fotografadas pertenciam a uma mesma coluna de apartamentos (1901, 2001 e 2101), distribuídos em diferentes pavimentos. Para uma melhor visualização, a Figura 26 exemplifica as unidades padrão em planta baixa e sua divisão de ambientes.

Figura 27 – Mapeamento de captura das imagens nas unidades da Empresa Alfa



Fonte: do autor (2023).

A partir do banco de imagens criado pelo monitoramento das três unidades, observou-se a evolução periódica da sua construção (semanal ou quinzenal), buscando-se, ainda, identificar possíveis deficiências relacionadas à produção e à segurança. Vale destacar que a alta qualidade e o maior cobertura das imagens produzidas pela Câmera 360 graus foram fatores que otimizaram este processo de coleta de dados.

A Figura 28 exemplifica a evolução de uma das unidades acompanhadas com essa tecnologia. Ela apresenta as capturas sucessivas realizadas em uma sala de estar da unidade 2101, durante o período de 09 de julho a 27 de agosto de 2021. Vale destacar que as imagens obtidas com a Câmera 360 graus mostram o quadrante visual completo (360°) do local em única captura, quando visualizadas em sua plataforma digital gratuita, *Ricoh Theta*. Ainda é possível visualizar, na Figura 28, o painel de operações desse aplicativo para se trabalhar com as fotografias, que basicamente permite efetuar zoom, rotacionar 360 graus e configurar o tamanho das imagens em visualização.

Figura 28 – Evolução do apartamento 2101 a partir das imagens da Câmera 360 graus



Fonte: do autor (2023).

Na sequência de imagens da Figura 28, é possível perceber, também, que a execução dos serviços internos (assentamento de porcelanato, proteção do piso com material anti-impacto, alvenaria em bloco de gesso, instalações elétricas, revestimento de gesso, dentre outros) ocorreu de maneira bastante lenta naquela unidade, em um período acompanhado de quase dois meses. Segundo os gestores, a unidade 2101 era um apartamento com modificações (customização) solicitadas pelo cliente,

logo a sua execução era liberada de acordo com a eliminação das restrições do projeto customizado. Ainda, assim como a referida unidade, outros 12 apartamentos naquela obra também se configuravam como customizados, ou seja, 30% das unidades totais.

Já a Figura 29 exemplifica uma sequência de imagens de um mesmo ambiente, desta vez a cozinha da unidade 2001, mostrando a potencialidade da visualização em 360 graus dessa tecnologia.

Figura 29 – Visualização em 360 graus da cozinha do apartamento 2001



Fonte: do autor (2023).

Vale destacar que as imagens da Figura 29 são recortes feitos a partir de uma única captura realizada com a Câmera 360 graus. Utilizando-se a plataforma de operação (*Ricoh Theta*), é possível rotacionar essa captura para visualizar todos os quadrantes do ambiente exemplificado e, assim, analisar diversos aspectos da execução dos serviços locais (exemplo: o revestimento cerâmico de parede), desde a sua qualidade ao atendimento dos requisitos de projeto.

No caso desta pesquisa, a plataforma escolhida para o armazenamento e operação das imagens foi uma gratuita fornecida pelo fabricante (*Ricoh Theta*). No entanto, existem outros softwares compatíveis com essa tecnologia que permitem, ainda, outras opções para gestão das imagens, como por exemplo a operação em rede compartilhada, no qual um conjunto seleto de gestores dentro da obra pode ter acesso ao mesmo banco de dados, ou ainda uma operação *off-site*, na qual a diretoria da empresa poderia visualizar a execução da obra em 360 graus, mesmo sem estar no canteiro de obras.

Além de apoiar a verificação de conformidades e dificuldades durante a produção, a Câmera 360 graus também foi utilizada para a verificação de itens normativos da segurança, uma vez que as capturas fornecem, ao usuário, imagens com um maior campo de visão das equipes em serviço. As imagens apresentadas na Figura 30 mostram exemplos nos quais foi possível analisar a atuação dos operários em seus postos de trabalho em relação à conduta de segurança.

Figura 30 - Exemplos de verificação da segurança com a Câmera 360 graus



Fonte: do autor (2023).

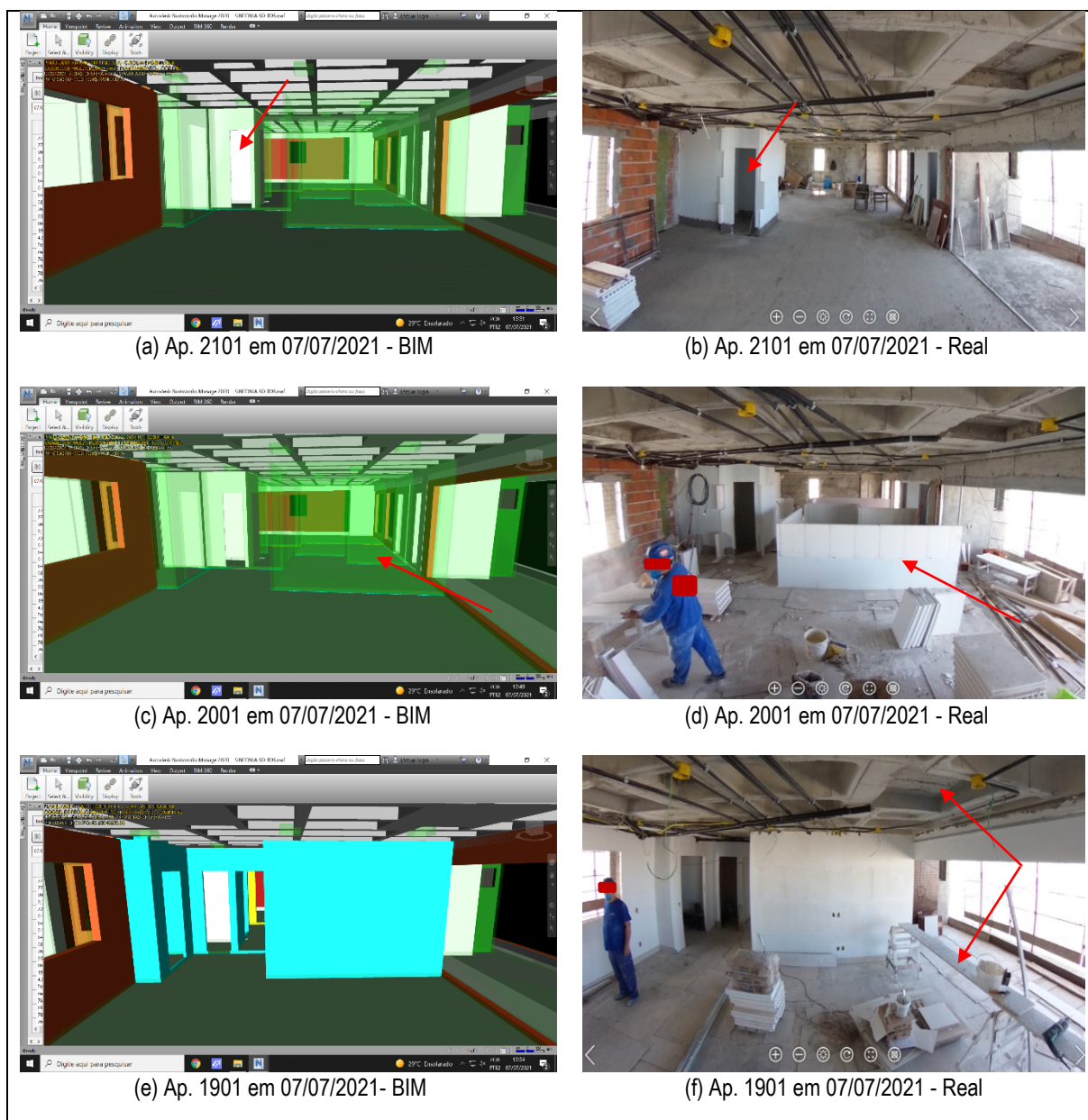
Na Figura 30.a, os operários executavam o revestimento cerâmico nas vigas de borda em varandas, como parte do pacote de trabalho do serviço de Fachada. Note-se a utilização correta dos EPI's, principalmente o cinto de segurança preso à estrutura conhecida como "linha de vida". Já na Figura 30.b, mesmo com a rede ainda desenergizada, os operários não faziam o uso de luvas, nem dos óculos de proteção durante a execução da fiação elétrica, em desacordo com as normas NR-18 e NR-10. Esses operários, no entanto, demonstram o uso correto da máscara para evitar a contaminação por COVID-19, mesmo durante um serviço que era executado num ambiente sem aglomeração (equipes com dois operários por apartamento). Ressalta-se que o porte discreto da Câmera 360 graus (menor do que um *smartphone*) fazia com que os colaboradores não percebessem de imediato que estavam sendo

fotografados. Diante disso, o pesquisador sempre esclarecia o propósito daquela pesquisa durante essas visitas.

Em seguida o banco de dados referente à evolução das três unidades obtido com a Câmera 360 graus foi analisado em conjunto com o modelo BIM 4D da obra, visando comparar o progresso previsto (indicado pelo modelo BIM 4D) com o realizado (imagens reais da Câmera 360). Essa prática auxiliou na verificação de algumas concordâncias e discrepâncias durante a execução das três unidades em relação à sua programação planejada.

A Figura 31 confronta o modelo de planejamento da execução (BIM 4D) em uma data aleatória da pesquisa com o registro de execução capturado pela Câmera 360 graus.

Figura 31 – Comparativo entre previsto e realizado (BIM x Câmera 360)



Fonte: do autor (2023).

Como se percebe por meio da Figura 31.a, o modelo BIM 4D, na data 07 de julho de 2021, indicava que a unidade 2101 deveria estar com todas as alvenarias de banheiro prontas (representadas no modelo por painéis na cor branca) e com o revestimento de piso porcelanato executado (representado no modelo pela cor cinza). As demais alvenarias internas em bloco de gesso, que são representadas no modelo por painéis transparentes na cor verde, não estariam executadas nesta data.

Já a Figura 31.b mostra a execução real da referida unidade na data 07 de julho de 2021. Observa-se que a execução das alvenarias de banheiro estava de acordo com o modelo planejado. No entanto, o assentamento do piso porcelanato não havia sido iniciado, configurando-se num atraso desse serviço em relação ao previsto. Vale ressaltar que, conforme já mencionado anteriormente, a unidade 2101 é um dos apartamentos customizados daquela obra. Portanto, diversos itens do projeto de arquitetura, como o revestimento do piso por exemplo, dependiam da definição e disponibilidade por parte do cliente.

Por sua vez, a Figura 31.c indicava, por meio do modelo BIM 4D na data 07 de julho de 2021, que a unidade 2001 deveria estar com todas as alvenarias de banheiro prontas (representadas no modelo por painéis na cor branca) e com o revestimento de piso porcelanato executado (representado no modelo pela cor cinza). Já as demais alvenarias internas em bloco de gesso, que são representadas no modelo por painéis transparentes na cor verde, ainda não estariam executadas naquela data.

É importante observar, pela Figura 31.d, que a execução real da unidade 2001, na data 07 de julho de 2021, apresentava as alvenarias de banheiro prontas e o piso porcelanato já finalizado (protegido com material anti-impacto), de acordo com o modelo planejado. Note-se ainda que, diferente do planejado, as demais alvenarias internas em bloco de gesso já se encontravam em execução naquela data, configurando-se num adiantamento de serviço em relação ao previsto.

Ainda, como se percebe na Figura 31.e, o modelo BIM 4D, na data 07 de julho de 2021, indicava que a unidade 1901 deveria estar com todas as alvenarias de banheiro prontas, com o revestimento de piso porcelanato executado e, também, com as demais alvenarias internas em bloco de gesso levantadas nesta data. Nesse sentido, a Figura 31.f mostra a situação real da referida unidade, na qual se percebe a compatibilidade de execução dos serviços em relação ao que foi planejado no modelo BIM. Além disso, a Figura 31.f mostra ainda os preparativos (cavaletes, furadeira, placas de gesso, etc.) para a execução do forro de gesso naquela unidade, que chegou a ser iniciado ainda no mesmo dia. De acordo com o modelo BIM, o serviço de forro de gesso não estava previsto para ser iniciado naquela data, o que mostra um adiantamento desse serviço em relação ao planejado.

Vale ressaltar que a execução das instalações elétricas apresentada nas imagens da Figura 31 (b, d e f), referentes a situação real das três unidades, também estava prevista no modelo BIM 4D, no

entanto não aparecem nas imagens do modelo devido a uma configuração do software que ocultava aquele item específico.

O comparativo apresentado entre o modelo BIM e as imagens da câmera 360 graus a princípio mostra um avanço satisfatório da execução das unidades padrões (1901 e 2001), inclusive, com alguns serviços em situação de adiantamento na data da pesquisa. Apenas a unidade 2101, que representava um apartamento com projetos customizados, mostrou sinais de atraso nos serviços principais. Ressalta-se que esse acompanhamento feito com a utilização da Câmera 360, se configurado em conjunto com plataformas digitais em rede, ou com acesso remoto (obra x escritório central) poderia ser utilizado ainda para otimizar tanto as ações de gerenciamento a nível operacional (gestores da obra) como estratégico (diretores e supervisores de obras).

5.1.3 Análise crítica e principais contribuições do Estudo 01

A partir do estudo empírico realizado na Empresa Alfa durante o período de 9 meses, e ainda, com base nas observações participantes (reuniões de planejamento, atividades em campo e logística) estudo documental e entrevistas semiestruturadas, foram identificadas boas práticas e, também, dificuldades no que diz respeito ao PCP e ao controle da segurança. Alguns pontos observados são sumarizados a seguir:

a) Implementação e operação do PCP e do PCS:

A aplicação do LPS na empresa estudada foi verificada como eficiente, uma vez que cronograma de longo, médio e de curto prazo, além ferramentas e indicadores de controle, eram trabalhados normalmente entre a equipe de PCP da obra (Ex.: lista de causas para o não cumprimento de pacotes, análise de PPC e IRR, entre outros). O plano de longo prazo, elaborado no *software* Microsoft Excel®, era estruturado para se visualizar as atividades no formato de Linha de Balanço, indicando os referidos pacotes de trabalho por local de produção. Observou-se, durante as reuniões de curto prazo, uma preocupação constante do gestor da obra em manter o alinhamento dos serviços semanais com a sequência de pacotes indicados no plano de médio prazo, que por sua vez, era elaborado a partir da LB.

Sobre a implementação do PCS, surpreendeu o fato de a Empresa Alfa já possuir a hierarquização dos planos da segurança em três horizontes: longo, médio e de curto prazo. Além disso, a busca pela integração entre os aspectos de produção e segurança foram evidenciados inclusive durante as observações (participações em reuniões de curto prazo) e análises documentais feitas pelo pesquisador. Ainda assim, oportunidades de melhoria para processo de PCS puderam ser visualizadas, uma vez que a equipe não possuía o total conhecimento de ferramentas adicionais para a gestão da

segurança, como por exemplo aquelas propostas por Saurin (2002) e Cambraia (2004), e que podem ser visualizadas pelos Anexos 4, 5 e 6 desta pesquisa.

Importante ressaltar que os planos de longo e médio prazo da produção ficavam disponíveis em painéis de gestão à vista nas salas técnica e de reuniões da obra. Além disso, a existência dos planos de longo e médio prazo da segurança foi confirmada, embora, a sala técnica não possuísse esses últimos disponibilizados (gestão à vista ou impressos). Notou-se, ainda, que o trabalho de gestão desses planos ficava a cargo principalmente do coordenador de segurança, que nem sempre estava presente nas reuniões periódicas de planejamento, por atender a mais de uma obra daquela empresa. No entanto, foi perceptível o rigor com a utilização dos planos de curto prazo por parte dos dois técnicos de segurança da obra.

Outro ponto que chamou a atenção foi a utilização do planejamento de médio prazo em horizontes diferentes pelos gestores da produção e da segurança. O cronograma de médio prazo da produção era realizado com horizonte de dois meses enquanto o da segurança com horizonte de três meses. Quanto a essa discrepância, percebeu-se que a equipe de segurança aumentava o horizonte do PMP para tentar antecipar ainda mais as necessidades de segurança do canteiro. Com isso, é possível que algumas discordâncias entre as ações estipuladas para o controle da produção e da segurança dos pacotes de serviço ocorressem, pois o período de atualização entre esses planos acabava ocorrendo em semanas diferentes. Para que haja uma maior sintonia entre os gestores, é necessário que o processo de elaboração e atualização dos planos de médio prazo da produção e de segurança ocorram em períodos concordantes, ou mesmo em uma única reunião (CAMBRAIA, 2004, RAZURI, 2007).

b) Envolvimento das partes interessadas no processo de PCP e PCS:

Conforme já comentado, a hierarquização do planejamento era praticada nos dois aspectos, produção e segurança. No entanto, percebeu-se que nem todos os encarregados tinham o hábito de se debruçar sobre o PMP durante a definição dos planos semanais posteriores. Em algumas ocasiões, o engenheiro da obra, que observava frequentemente as restrições do médio prazo, era quem alertava sobre a necessidade de inclusão de novos recursos ou atividades nos planos semanais.

Vale destacar que a utilização dos planos de curto prazo pelos representantes e encarregados do PCP, da segurança e dos terceirizados era uma rotina perceptível, sendo observado durante as reuniões semanais. Destaca-se, porém, alguns episódios de falhas no seu preenchimento ou na escolha de pacotes de trabalho por parte de alguns intervenientes. Como exemplo, em uma das reuniões de curto prazo o supervisor de produção que cuidava das atividades de fluxo compareceu ao encontro sem a planilha de curto prazo preenchida. Durante as observações (reuniões) verificou-se, ainda, que alguns índices PPC e PPS apontados abaixo de suas metas esperadas, ocorreram por razões citadas como “falha de planejamento” ou “superestimação da produção”. Esses exemplos mostram a

possível deficiência de alguns encarregados em compreender a necessidade de integração entre os planos de curto com o de médio prazo.

c) Análise da utilização de tecnologias digitais (eficiência e aprendizagem):

Durante a entrevista com o gestor, foi relatado que a Empresa Alfa possui alguns estudos em desenvolvimento para a implementação de tecnologias futuras como o uso de câmeras no canteiro de obras e *microchips* nos capacetes dos colaboradores, para monitoramento da produção e da segurança.

Durante a pesquisa, o gestor da Empresa Alfa relatou que trabalhava com duas tecnologias principais, o aplicativo *QuisQuality*, que auxiliava no recebimento de serviços visando o controle da qualidade, e o sistema AGILEAN de planejamento e controle da produção. Por meio do *QuisQuality*, o monitoramento da qualidade naquela obra, que anteriormente era feito de forma manual (formulários em papel), passou a ser feito digitalmente (*tablets* ou *smartphones*) e ainda, de forma integrada ao sistema AGILEAN.

Ressalta-se que a tecnologia AGILEAN foi citada como uma ferramenta digital com grande potencial de otimização do planejamento e controle, uma vez que simulava a LB em poucos minutos e automatizava a reprogramação de atividades quando necessário. No entanto, percebeu-se que a tecnologia havia sido subutilizada no contexto geral do PCP da obra, pois foi implementada apenas em um grupo de pacotes de trabalho (teste), conforme foi relatado pelo gestor.

Outro ponto que deve ser mencionado, diz respeito à subutilização do modelo BIM 4D na referida obra, que foi elaborado ainda na fase de projetos, mas que, no decorrer da pesquisa, foi percebido como uma ferramenta coadjuvante no processo de PCP e de PCS. Tal tecnologia poderia ter sido empregada com maior frequência para controle de terminalidade, gestão da qualidade e planejamento da segurança de alguns serviços críticos.

Como exemplo, em uma de suas observações, o pesquisador presenciou a equipe de segurança e de produção planejando o isolamento e a implementação de proteções coletivas em áreas externas próximas ao refeitório e ao passeio (público), em decorrência do serviço de revestimento da fachada. Os gestores utilizavam a planta baixa do empreendimento, quando poderiam utilizar a modelagem para melhor visualização dos ambientes em questão e tomada de decisão quanto aos materiais e ações a serem empregados.

Já durante a participação em reuniões de curto prazo, o pesquisador também não verificou a utilização do modelo BIM 4D nesses encontros, que poderia servir como base para o entendimento de particularidades, volume de serviços e necessidades em relação à produção e à segurança de alguns pacotes de trabalho programados.

A partir dos testes realizados pelo pesquisador com a Câmera 360 graus no canteiro de obras da Empresa Alfa, a praticidade de operação e a qualidade das imagens obtidas com essa tecnologia permite apontar algumas potencialidades com relação ao processo de PCP e de PCS, por exemplo:

- I. Aplicações para o PCP: auxiliar o processo de inspeção dos serviços (qualidade e terminalidade); otimizar a medição de serviços concluídos (produtividade); apoiar e otimizar as reuniões de curto prazo (verificação de pacotes concluídos – PPC por local), aumentar o princípio de transparência (difusão de dados do planejamento e controle), dentre outros;
- II. Aplicações para o PCS: utilizar imagens durante as reuniões (DDS, treinamentos, reuniões de curto prazo, etc.) para verificação de itens da segurança individual ou coletiva, utilizar as imagens para auxiliar a realização das análises preliminares de risco (APR), dentre outros.

5.2 Contexto do Estudo Empírico 02: Empresa Beta

Conforme já descrito na seção 3 (Método) o segundo objeto de estudo tratou-se da construção de um conjunto habitacional (03 torres) de padrão popular, com cinco pavimentos cada e 235 apartamentos ao todo, localizada também em Fortaleza, Ceará (ver Figura 12). Durante a pesquisa, a obra encontrava-se em fase de acabamento e alguns dos serviços em execução (instalações hidrossanitárias e elétricas, revestimento cerâmico interno - piso e parede, esquadrias, guarda corpos, revestimento externo de fachada – pintura, reboco, forro de gesso e pintura internos) podem ser visualizados nas imagens da Figura 32.

A equipe técnica da referida obra era composta por dois engenheiros, sendo um em nível *sênior* responsável pela produção e outro na categoria *trainee* responsável pelo planejamento, além de um técnico em edificações e o mestre de obras. A Empresa Beta apresentava, como particularidade, a utilização de equipes terceirizadas em diversos serviços da obra por questões estratégicas e culturais. Dessa forma, o quadro de funcionários encarregados por estes serviços específicos (ex.: estrutura de concreto, instalações prediais, revestimento cerâmico, gesso, esquadrias, dentre outros) pertencia a essas empresas contratadas.

Na parte de segurança, uma técnica e um estagiário eram responsáveis tanto pela gestão dos itens normativos como pelo protocolo de combate à COVID-19. Observou-se, ainda que o número de funcionários desta obra já se encontrava reduzido, uma vez que a maior parte das unidades (Bloco 01 e 02) já havia sido finalizada e passava pelo processo de vistoria e entrega aos proprietários.

Figura 32 – Exemplos de serviços em execução na obra da Empresa Beta



(a) Instalações do canteiro (estoques)



(b) Revestimento cerâmico (piso interno)



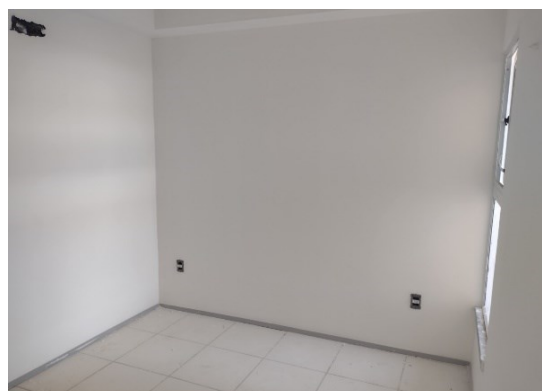
(c) Revestimento cerâmico (piso e parede) e bancadas dos WC's



(d) Acabamento das caixas de inspeção e passagem do esgoto



(e) Instalações hidrossanitárias (cozinha e serviço)



(f) Pintura interna

Fonte: do autor (2023).

5.2.1 Análise das práticas de PCP e PCS adotadas na Empresa Beta

5.2.1.1 Planejamento e Controle da Produção na Empresa Beta

A partir da entrevista realizada com o gestor da obra, observou-se que o sistema de PCP empregado no empreendimento da Empresa Beta consistia, basicamente, na hierarquização do planejamento em dois níveis: longo e curto prazo. Além disso, fazia-se o uso de algumas ferramentas operacionais (planilhas em Microsoft Excel ®) para o acompanhamento da produção e de indicadores. No entanto, não foram encontradas evidências de que o LPS estivesse efetivamente implantado, uma vez que a prática do planejamento de médio prazo e a análise de restrições não ocorriam.

O planejamento de longo prazo do empreendimento consistia em um cronograma de barras (Gantt) elaborado por meio do *software* Microsoft MS Project ® e contemplava todas as atividades do projeto. Esse cronograma, por sua vez, era utilizado para alimentar o planejamento de curto prazo (semanal) da obra. Quanto à elaboração do plano de longo prazo, a Empresa Beta foi auxiliada por uma empresa de consultoria que desenvolvia e acompanhava semanalmente o desempenho da produção junto com o engenheiro gestor da obra. Esse acompanhamento por parte dos consultores incluía a análise de ritmo da obra, das atividades concluídas ou atrasadas, bem como a reprogramação quando necessário.

Já em relação ao planejamento de curto prazo, observou-se que havia, também, interação entre o gestor da obra e a empresa de consultoria para a realização dessa prática. O plano era desenvolvido incluindo as atividades e o seu prazo de conclusão previstos para uma determinada semana. A partir daí, o engenheiro da obra validava esses planos e distribuía para os encarregados, o mestre da obra e o técnico em edificações. O trecho de entrevista com o gestor da obra apresentado na sequência reforça tal afirmação:

Trecho de entrevista com o Engenheiro da Obra: “...Eles (consultoria) retiram, do planejamento macro, o que será feito durante a semana, conferem comigo se conseguiremos cumprir essa programação, o que eu poderia adiantar de serviços, e aí semanalmente a gente repassa a meta aos encarregados, ou na sexta ou na segunda-feira. Eles (consultoria) acompanham por uma planilha, fazem a medição do que foi feito toda sexta, o que conseguimos ou não cumprir e depois atualizam o MS-Project...”.

Foi informado, ainda, que as reuniões de curto prazo faziam parte da rotina desse nível de planejamento e ocorriam semanalmente. Participavam dessas reuniões, o Engenheiro da obra, o Engenheiro responsável pelo planejamento, os encarregados de serviços terceirizados e, eventualmente, a técnica de segurança². No entanto, conforme observado em entrevista com o gestor, essas reuniões

² A participação da téc. de segurança nas reuniões de curto prazo será comentada com mais detalhes no subitem 5.2.1.2

passaram a ocorrer com menos frequência devido à proximidade do prazo de entrega da obra (ocorreu em dezembro 2021). Ressalta-se ainda que, durante a prática de observação direta, não foi possível participar dessas reuniões específicas de curto prazo, devido à sua periodicidade irregular e à disponibilidade do gestor da obra, que também havia sido incumbido de acompanhar outro empreendimento da Empresa Beta.

Sobre a aplicação de pacotes de trabalho para a produção, observou-se que, devido à maioria dos serviços serem terceirizados, não havia um rigor na sua elaboração e implementação. Ocorria que os encarregados por cada serviço terceirizado eram responsáveis por planejar e controlar a sua produção e buscavam manter a sequência estipulada pelo cronograma de longo prazo. O engenheiro da obra, por sua vez, ficava encarregado de monitorar a produção juntamente com os líderes dos serviços terceirizados, acompanhar o planejamento geral da obra e cobrar as ações diante de possíveis atrasos ou inconsistências no processo de PCP.

As colocações anteriores mostram que o planejamento e controle da Empresa Beta era fragmentado, possuindo vários intervenientes em seu contexto. Essa prática vai de encontro ao conceito de integração do PCP proposto nos subitens 2.2 e 2.3 desta pesquisa. No entanto, a tipologia da obra estudada (construção popular em paredes de concreto), o aumento da terceirização dos serviços e o cuidado com a escolha de empreiteiros qualificados, conforme afirmou o engenheiro da obra em entrevista, tornava o processo de produção viável e prático em relação ao que era planejado. O trecho de entrevista com o gestor da obra apresentado na sequência reforça tal afirmação:

Trecho de entrevista com o Engenheiro da Obra: *“...Nossa estrutura de concreto, que é de parede de concreto, já fica pronta com parte das instalações elétricas (caixas, tubulações) [...]. Então, logo depois da estrutura, que eu já deixo as passagens, vem o pessoal da hidráulica e fazem prumadas, esgoto, água fria e água quente, tudo. Aí vem outro (terceirizado) que faz o contrapiso, depois o gesso entra e fecha o shaft, em seguida vem o pedreiro de cerâmica e faz todo o assentamento cerâmico de piso e parede do apartamento, incluindo filetes e soleiras, [...]. Então, a maioria dos serviços seguem a sequência dessa tipologia [...]. Se esses empreiteiros forem desestruturados, isso me dá mais trabalho ou até aumenta o risco de não serem cumpridas as metas. Por isso, nós selecionamos bem esses empreiteiros”.*

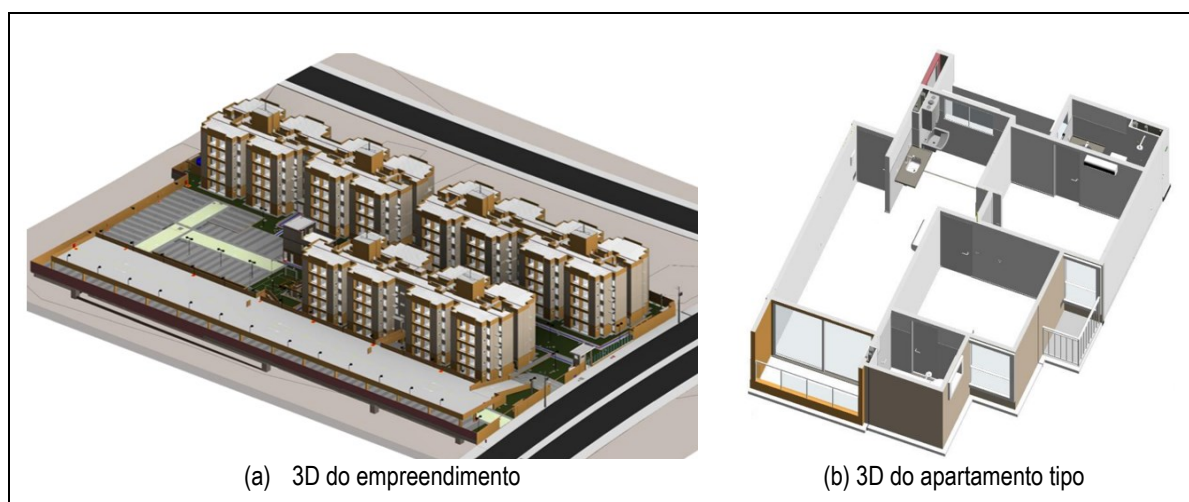
Foi investigado, ainda, se a empresa utilizava indicadores para monitoramento do PCP. O gestor informou que os dois principais indicadores utilizados na obra eram o índice de avanço físico da obra, referente ao percentual do planejamento total realizado (longo prazo) e o indicador PPC, para o planejamento de curto prazo. Foi informado, ainda, que o indicador de avanço físico servia de parâmetro para a gestão de custos da obra, sendo utilizado para atualizar o cronograma físico financeiro do empreendimento.

Quando questionado sobre a análise de causas relacionadas ao índice PPC, o gestor informou que era feita de forma superficial, apenas identificando os motivos para as situações nas quais

as metas semanais não puderam ser alcançadas. Observou-se, portanto, a ausência de uma lista padrão de causas para que essa análise pudesse ser mais bem desempenhada. Ressalta-se que a prática da busca pelas causas reais para o não cumprimento das atividades semanais não foi observada, e é uma alternativa para se alcançar a melhoria contínua no contexto do PCP, conforme reforçado anteriormente no subitem 2.2.

Ainda no contexto de PCP, observou-se que a Empresa Beta também havia utilizado o BIM durante a fase de desenvolvimento dos projetos da obra em estudo, embora essa prática não tenha sido observada como uma rotina do dia a dia para refinar o planejamento e controle de produção. Também não foi constatada a aplicação do BIM 4D como uma prática de apoio ao PCP daquela obra. Dessa forma, a Figura 33 apresenta o modelo BIM simplificado do empreendimento analisado.

Figura 33 - Modelos BIM do empreendimento da empresa Beta



Fonte: Empresa Beta (2021).

Vale destacar que o processo de implementação do BIM na obra da empresa Beta foi uma prática que trouxe importantes benefícios na fase de planejamento estratégico daquele empreendimento. Segundo o gestor, a modelagem serviu para auxiliar na tomada de decisões gerenciais e de custos, como, por exemplo, durante a escolha do sistema estrutural (paredes de concreto ou concreto armado e alvenarias) da obra. Durante análise documental, o pesquisador teve acesso ao relatório gerencial que indicava uma redução de custos na superestrutura de 37% com a adoção do sistema paredes de concreto, sendo esse efetivamente empregado na construção.

Durante a pesquisa, observou-se, ainda, que a parceria com a empresa consultora que acompanhava o planejamento da obra estudada havia sido encerrada, devido à finalização da programação da obra e à proximidade de sua entrega. No entanto, deve-se destacar que o período conturbado de pandemia da COVID-19 e suas implicações, conforme descrito na seção 4, afetavam o

cumprimento dos prazos previstos e a realização de alguns pacotes de trabalho, principalmente por problemas como fornecimento e entrega de materiais.

Outras implicações da pandemia de COVID-19 no contexto do PCP desse empreendimento analisado foram informadas pelo engenheiro gestor, destacando-se:

- a) As reuniões gerenciais (quinzenais) passaram a ocorrer em modo remoto (*on-line*). Já as de curto prazo ocorriam presencialmente, mas com os cuidados contra o COVID-19, ou seja, o distanciamento, o uso de máscaras, o uso de álcool em gel e o afastamento de pessoas que apresentavam algum sintoma;
- b) O prazo de entrega do primeiro, dentre os três Blocos que compõem a obra analisada, precisou ser postergado em cerca de seis meses devido ao impacto direto das paralisações e restrições da pandemia;
- c) Algumas equipes de produção do Bloco 03 precisaram ser remanejadas para garantir a conclusão do Bloco 02, uma vez que a programação de entrega da obra era realizada por blocos;
- d) Atrasos no fornecimento e preços elevados de materiais foram as principais causas indicadas para o atraso na conclusão dos serviços da obra.

Por fim, é importante ressaltar que a referida obra também trabalhava com ferramentas e elementos de gestão visual no canteiro. Outro ponto que chamou a atenção foi a boa organização e posicionamento dos locais de armazenamento (almoxarifado, estoques) e sala técnica, que se encontravam em áreas devidamente isoladas do campo de produção (ver Figura 32.a).

5.2.1.2 Planejamento e Controle da Segurança na Empresa Beta

Nesse quesito, a Empresa Beta também buscava atender principalmente aos requisitos normativos legais no controle da segurança. Foi relatado o desenvolvimento das ações e documentações preventivas obrigatórias (ex.: na ocasião, PCMAT, PCMSO, treinamentos em NR-18, dentre outros) na referida obra, assim como a execução dos protocolos de prevenção à contaminação por COVID-19.

Conforme já relatado no item 5.2, a equipe de gestão da segurança no empreendimento analisado era composta apenas por uma técnica em segurança do trabalho e um estagiário, além do próprio engenheiro da obra, que também era corresponsável pela gestão de SST.

A técnica de segurança, juntamente com o estagiário, atuava como fiscal e, dentre outras atribuições, controlava o uso de EPI, a adequação ou falta de proteções coletivas nos ambientes de trabalho, a realização dos treinamentos em SST e reportava os principais problemas para o engenheiro

da obra. Esse último atuava como o decisor final em relação às ações de segurança, embora houvesse boa autonomia para que a técnica pudesse tomar algumas decisões táticas e operacionais.

Ainda, visando o cumprimento das principais medidas normativas de segurança do canteiro (NR-18), o PCMAT era um dos elementos chave para o atendimento aos seus requisitos. Assim como em outras empresas de construção, esse programa indicava as ações para identificação e controle de riscos por setor de trabalho, as proteções coletivas e individuais (EPI) necessárias, o dimensionamento de áreas de vivência, os protocolos de saúde e exames médicos necessários, dentre outros. Portanto, a técnica de segurança era a responsável por colocar em prática e monitorar as medidas indicadas no PCMAT de acordo com o período em que a obra se encontrava.

A Figura 34 exemplifica a difusão de informações referentes à segurança do ambiente e dos operários no canteiro de obras.

Figura 34 – Exemplo de informativos de segurança na obra da Empresa Beta



Fonte: do autor (2023).

É importante ressaltar que a gestão da segurança no empreendimento analisado não apresentava evidências da prática do PCS descritas no subitem 2.3 desta pesquisa, uma vez que a equipe de segurança não realizava o planejamento e controle integrado por meio dos planos de longo, médio e curto prazo para a SST. Na parte de planejamento, os planos da segurança eram elaborados de acordo com as etapas da obra e as indicações do PCMAT, mas sem a devida integração com o PCP.

O trecho de entrevista com a gestora da segurança apresentado na sequência reforça essa lacuna dessa integração:

Trecho de entrevista com a Tec. de Segurança: “...O engenheiro tem que [estar] me passando a evolução e a situação do canteiro de obra, pois preciso [estar] bem a frente quanto à questão de segurança. Quando recebemos o PCMAT e o PCMSO da obra inteira já ficamos sabendo de todas as fases que irão acontecer, como fases principais de obra não mudam muito, eu faço checklists semanais...”.

Durante as observações diretas do pesquisador na obra analisada, percebeu-se que os assuntos referentes à segurança também eram pouco tratados durante as reuniões semanais de planejamento da produção. Essa fragilidade pode ser percebida no trecho de entrevista com a gestora de SST.

Trecho de entrevista com a Tec. de Segurança: “...Eles (gestores da produção) me chamam (às reuniões) mais na parte de início de obra, tendo em vista a necessidade de funcionários para trabalhar com máquinas e equipamentos, além de serviços com trabalho em altura”.

Ainda assim, a gestora citou exemplos reais em que os requisitos da segurança tiveram influência sobre o planejamento da produção em algumas fases daquela obra. Foi citado um evento em que, dada a execução de formas para as paredes de concreto, o gestor da obra precisou alterar o plano de execução para incluir uma montagem de proteções coletivas no local de trabalho.

Sobre a identificação e gestão de riscos, o PCMAT também era o principal instrumento diretor desse quesito, no qual trazia as orientações e verificações necessárias por etapas da obra. Quando questionada sobre qual etapa era mais suscetível a promover riscos potenciais e ergonômicos, a gestora informou que, devido à tipologia de obra (paredes de concreto), a execução da estrutura era a principal, citando os riscos associados trabalho em altura, a utilização de formas diferenciadas e a forte incidência de calor durante esse serviço.

Em relação ao controle da segurança, a obra analisada trabalhava com indicadores básicos para avaliação do desempenho em segurança do trabalho, sendo os principais citados: n° de acidentes, n° de quase acidentes, indicadores de realização dos treinamentos e do uso de EPI's, além do novo indicador para o número de afastamentos. Esses indicadores costumavam ser registrados em planilhas eletrônicas (Microsoft Excel®).

Vale destacar que, devido ao elevado número de funcionários terceirizados daquela obra, o papel da técnica de segurança no controle da segurança precisava ser mais intenso. A gestora comentou que esses trabalhadores recebiam todos os treinamentos ofertados para os demais funcionários da empresa Beta, mas tinham dificuldade de conscientização quanto às suas responsabilidades em relação à segurança, conforme mostra o trecho de entrevista:

Trecho de entrevista com a Tec. de Segurança: “... Temos que ter um esforço maior, entrando em contato várias vezes com os encarregados dessas empresas. Falamos com o funcionário, mas ele não quer entender que, apesar de não ser da Empresa Beta, ele tem responsabilidade com a segurança de cada um dali, além de todos que estão dentro da obra...”.

As preocupações da gestora de segurança da Empresa Beta relacionadas às ações de SST para os serviços terceirizados corroboram com a conclusão de um dos autores (CAMBRAIA, 2004) citados no subitem 2.3 desta pesquisa, que incluiu, em seu modelo de PCS, a verificação e avaliação da segurança com foco em um maior envolvimento de subempreiteiros, uma vez que esses funcionários costumam apresentar maior resistência às regras de SST da empresa contratante.

Em relação às implicações da pandemia de COVID-19 no contexto do PCS na obra analisada, a gestora de segurança informou alguns pontos específicos que merecem destaque:

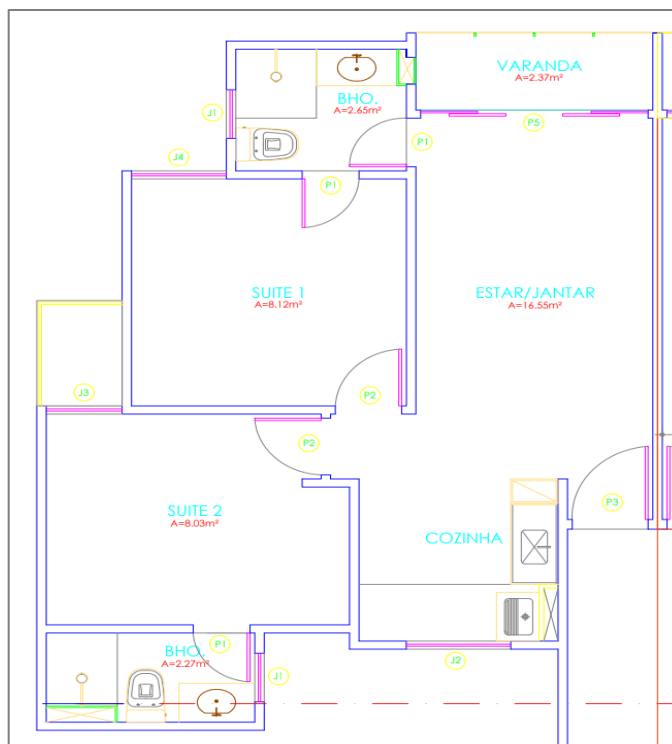
- a) Após o início da crise sanitária, os novos protocolos e ações decorrentes exigiram uma maior dedicação da equipe de segurança no que diz respeito às medidas de SST;
- b) A pandemia contribuiu com o aumento de ações básicas na parte de limpeza, uso de máscara e lavagem das mãos, as quais a segurança do trabalho sempre buscou;
- c) A empresa adotou novos indicadores para a segurança como por exemplo o número de afastamentos e o percentual de trabalhadores vacinados (1ª e 2ª dose).

5.2.2 Aplicação de tecnologias digitais no contexto de PCP e PCS da Empresa Beta

Seguindo-se o protocolo elaborado para os estudos empíricos (Apêndice 7), na obra da Empresa Beta foram realizados testes tanto com a Câmera 360 graus como o VANT. Nesse segundo cenário, conforme foi descrito no Quadro 14 (seção de Método), escolheram-se quatro unidades padrão ainda em construção dentro do referido empreendimento para a aplicação da Câmera 360 graus, que pertenciam a uma mesma coluna de apartamentos (213, 313, 413 e 513), distribuídos em diferentes pavimentos do Bloco 03. Ainda, a aplicação do VANT ocorreu dentro do canteiro de obras, especificamente na área externa de entorno do Bloco 03.

Para uma melhor visualização, a Figura 35 exemplifica uma unidade padrão (apartamento) em planta baixa e sua divisão de ambientes. Recomenda-se, também, a verificação do Anexo 3 para se compreender a localização em planta do Bloco 3 e de suas áreas externas, onde ocorreram os voos de monitoramento com o VANT.

Figura 35 – Unidade Padrão (apartamento) na obra da Empresa Beta



Fonte: Empresa Beta (2021).

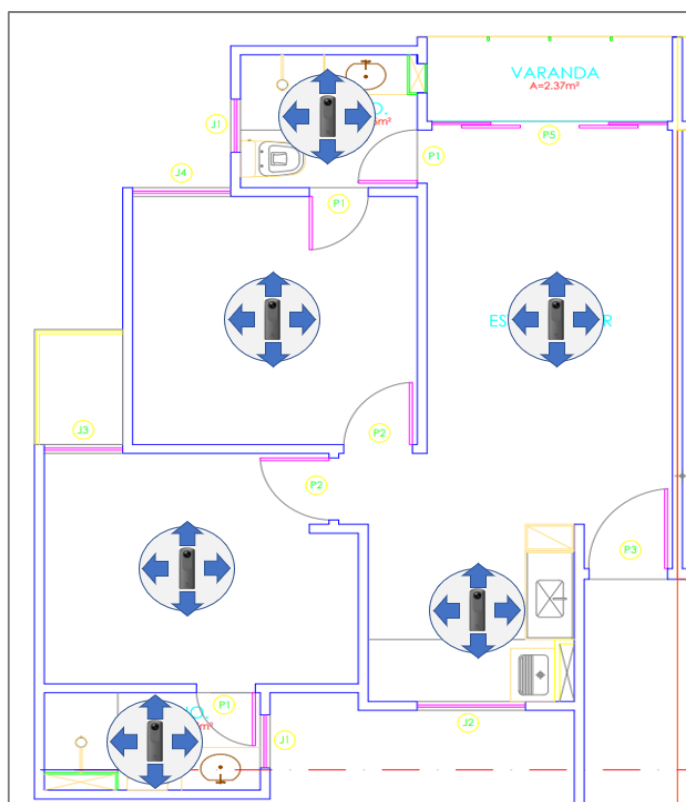
5.2.2.1 Resultados da aplicação da Câmera 360 graus na obra da Empresa Beta

De modo similar ao procedimento realizado na Empresa Alfa, a coleta de imagens dos serviços internos com a Câmera 360 graus na obra da Empresa Beta resultou em um banco de dados com cerca de 144 imagens dos apartamentos selecionados. O protocolo de coleta das imagens foi feito de acordo com a própria disposição arquitetônica de um apartamento, buscando-se fazer uma captura por cômodo (principal), totalizando seis registros por unidade.

A Figura 36 apresenta o mapeamento de capturas realizado com a Câmera 360 graus dentro do apartamento tipo.

A partir do banco de imagens criado pelo monitoramento das quatro unidades, observou-se a evolução periódica da sua construção (semanal ou quinzenal), buscando-se, ainda, identificar possíveis deficiências relacionadas à produção e à segurança. Esse acompanhamento foi realizado durante o período de 02 de setembro a 19 de novembro de 2021.

Figura 36 – Mapeamento de captura das imagens nas unidades da Empresa Beta



Fonte: do autor (2023).

Assim, a Figura 37, por sua vez, exemplifica a evolução de uma das unidades (apartamento 213) acompanhadas com essa tecnologia.

Figura 37 – Evolução do apartamento 213 a partir das imagens da Câmera 360 graus



Fonte: do autor (2023).

A partir da sequência de imagens da Figura 37, é possível perceber que a execução dos serviços internos (assentamento cerâmico, instalações elétricas e hidrossanitárias, revestimento de gesso, pintura, esquadrias de alumínio, dentre outros) ocorreu de maneira razoavelmente lenta durante o período acompanhado. Segundo o gestor, as unidades do Bloco 03, incluindo o apartamento 213, seguiam a ordem de execução dos pacotes de trabalho de acordo o cronograma de longo prazo adaptado após os impactos gerados pela pandemia de COVID-19 (replanejado com adaptações às restrições sanitárias).

Ainda, a partir da observação direta no canteiro, notou-se que as atividades executadas na área comum e cobertura ganharam mais frentes de serviço durante o período da pesquisa, o que significava pontos positivos em relação à necessidade de distanciamento social, trabalho em locais abertos e arejados naquele momento.

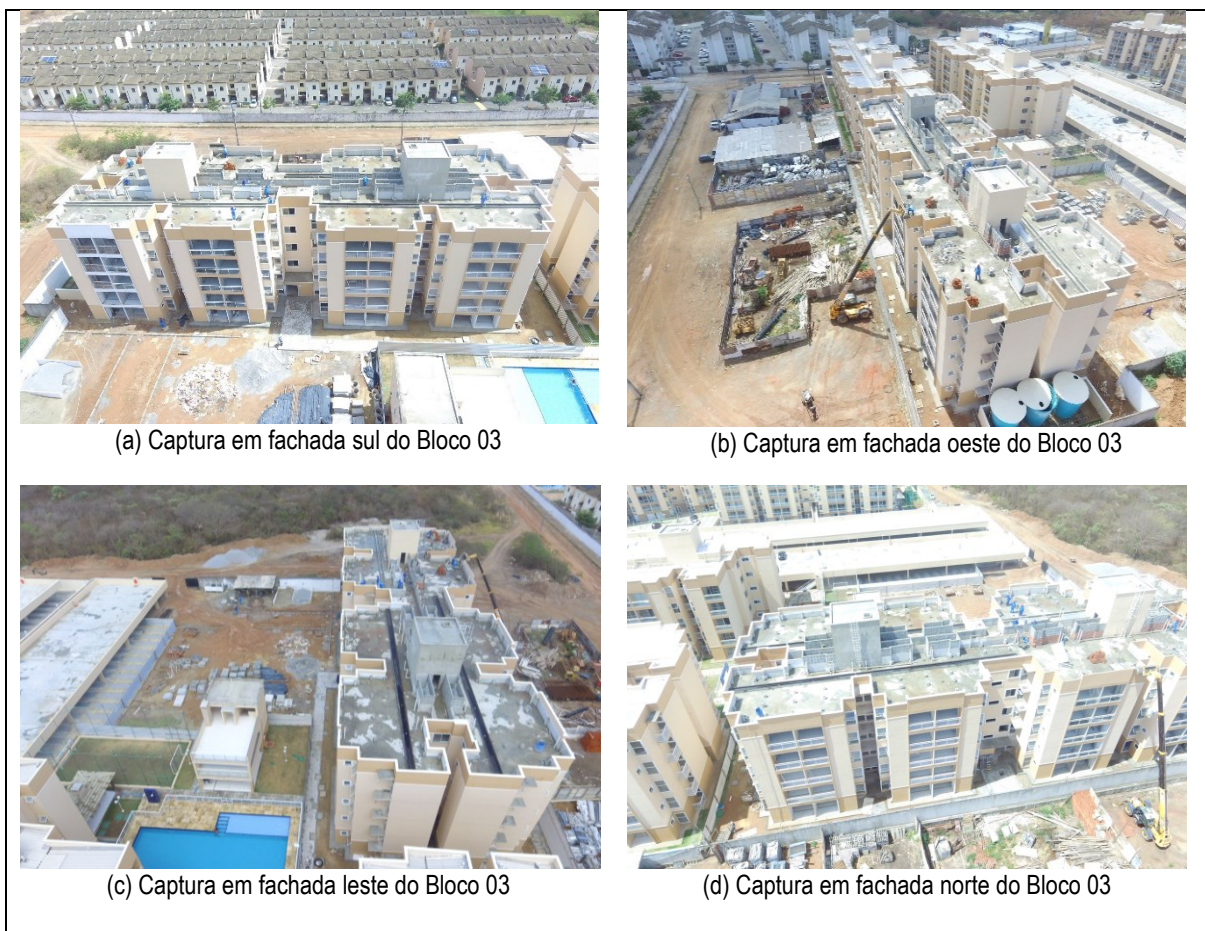
Por fim, o banco de dados referente à evolução das quatro unidades obtido com as imagens da Câmera 360 auxiliou na verificação de progresso, terminalidade e conformidade dos serviços executados em relação à modelagem 3D, por exemplo. Essa análise permite que o processo de inspeção da obra se torne mais assertivo e otimizado. Ressalta-se que a referida obra não trabalhava com a ferramenta de planejamento em BIM 4D, logo, não foi possível realizar a comparação dinâmica (por data) entre os serviços planejados (modelo BIM) e os realmente executados (registrados com a Câmera 360 graus) em datas específicas apontadas em planejamento (BIM 4D), conforme procedimento realizado na obra da Empresa Alfa.

5.2.2.2 Resultados da aplicação do VANT na obra da Empresa Beta

A coleta de imagens realizada com VANT no canteiro de obras da Empresa Beta resultou em um banco de dados com cerca de 320 imagens referentes aos serviços da área externa do Bloco 03. Essa coleta ocorreu de maneira semiautomática, onde o pesquisador realizava alguns voos automáticos (programados) e outros manuais com a aeronave, conforme descrito na seção de Método.

Algumas das principais vantagens observadas com a utilização do VANT na referida obra foram: maior operacionalização da inspeção de produção e da segurança, maior qualidade das imagens coletadas pelo equipamento e, conseqüentemente, uma visualização de maior alcance da obra como um todo. A Figura 38 mostra uma visualização holística do Bloco 03 a partir das capturas realizadas pelo VANT.

Figura 38 – Acompanhamento da obra a partir de imagens do VANT



Fonte: Do autor (2023).

A partir do banco de imagens criado pelo monitoramento feito com o VANT, observou-se uma evolução periódica (mensal) dos serviços externos da edificação, buscando-se identificar possíveis deficiências relacionadas à produção e à segurança. Vale destacar que a alta qualidade e o maior cobertura das imagens capturadas com o *drone* otimizaram o processo de coleta de dados. A Figura 39 exemplifica a evolução de um dos serviços do Bloco 03 acompanhado com essa tecnologia, que, no caso, se referiu à execução da sua cobertura.

Na sequência apresentada pela Figura 39 (a, b e c), verifica-se a execução dos serviços: alvenaria de fechamento das ventilações, contrapiso, impermeabilização, revestimento de paredes (reboco), pintura e montagem da estrutura de cobertura com telhas de fibrocimento do Bloco 03. A utilização do VANT para esse acompanhamento auxiliou o processo convencional de inspeção dessa zona de trabalho, que normalmente era feito pelos encarregados e técnicos das empresas terceirizadas ou da própria Empresa Beta, sendo que precisavam acessar fisicamente a cobertura por meio das escadas de acesso localizadas no 5º pavimento.

Figura 39 – Evolução mensal dos serviços na cobertura do Bloco 03



(a) Serviços da Coberta em 02.09.21



(c) Serviços da Coberta em 08.10.21

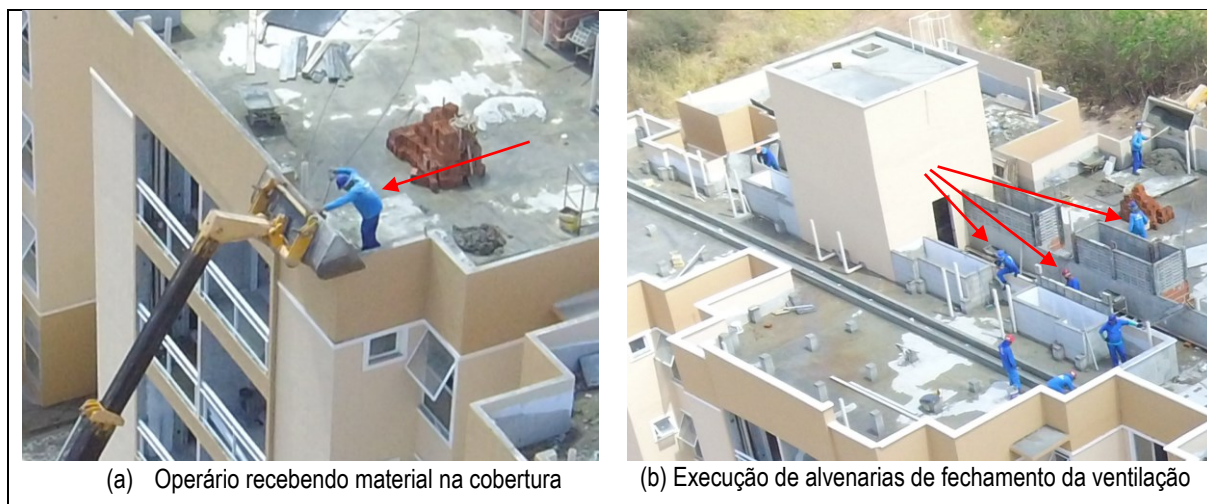


(d) Serviços da Coberta em 13.11.21

Fonte: Do autor (2023).

A qualidade e o alcance das imagens do VANT permitiram, ainda, a verificação de conformidades desses serviços em relação aos projetos, além de itens de segurança empregados nessa zona de trabalho. A Figura 40 exemplifica a identificação de algumas não-conformidades observadas nos aspectos de produção e da segurança, visualizadas durante essas capturas.

Figura 40 – Exemplos de verificação da produção e da segurança com o VANT



Fonte: Do autor (2023).

Analisando a Figura 40 (a e b), observa-se a conduta de alguns operários que trabalhavam no recebimento de materiais e na execução das alvenarias de fechamento das ventilações, onde nenhum deles fazia o uso do cinto de segurança fixado em linha de vida. Ainda na Figura 40.a, nota-se, também, o estoque de alguns materiais como tijolo cerâmico, madeira e pré-moldados na laje de cobertura, mas de forma desorganizada. Os materiais armazenados desta forma podem causar acidentes de trabalho durante o deslocamento dos operários neste local de trabalho.

Destaca-se que situações como esta, que ultrapassam os limites de segurança do trabalho durante a execução das atividades de produção, também foram registradas em outros estudos realizados com a monitoramento por VANT (Melo e Costa, 2019, Lima, 2021), já citados no referencial teórico deste trabalho.

Por fim, a utilização conjunta das duas tecnologias digitais (Câmera 360 graus e VANT) neste segundo estudo empírico demonstra o potencial de aplicação desses equipamentos em uma obra de tipologia horizontal como a da Empresa Beta. O uso da Câmera 360 graus auxiliou na verificação da produção e da segurança nos serviços internos (apartamentos), já o VANT, no acompanhamento dos serviços e itens de segurança das áreas externas.

5.2.3 *Análise crítica e principais contribuições do Estudo 02*

A partir do segundo estudo empírico realizado na Empresa Beta durante o período de 05 meses e, ainda, com base nas observações participantes (reuniões de planejamento, atividades em campo e logística) estudo documental e entrevistas semiestruturadas, foram identificadas boas práticas e, também, dificuldades no que diz respeito ao PCP e ao controle da segurança. Alguns pontos observados são sumarizados a seguir:

a) Implementação e operação do PCP e do PCS:

A aplicação do LPS na empresa estudada não foi verificada, uma vez que o cronograma de médio prazo, além de algumas ferramentas e indicadores de controle como índice IRR, análise de causas para o não cumprimento do planejamento, dentre outros, não eram trabalhados normalmente entre a equipe de PCP da obra. Aplicava-se, no entanto, o plano de longo prazo, elaborado no *software* Microsoft Project®, que era estruturado para se visualizar as atividades no formato de Gráfico de Gantt, indicando os referidos pacotes de trabalho por local de produção, bem como uma planilha de curto prazo com as atividades semanais.

Observou-se ainda que, pelo fato de a obra encontrar-se em fase de finalização (aproximação da data de entrega) durante a pesquisa, as reuniões de planejamento com a equipe técnica ocorriam com menos frequência do que deveriam. O trecho de entrevista com o gestor da obra retrata a situação descrita:

Trecho de entrevista com o Engenheiro da Obra: *“Hoje a gente não tem uma dinâmica de se reunir semanalmente para ver essa programação. A gente pega essa programação semanal e repassa para os encarregados, o técnico e o mestre de obras. No começo a gente fazia reuniões periódicas na sexta feira, mas, na correria do final de obra, nós mudamos e o (eng. de planejamento) fica vindo toda sexta e segunda para ver as coisas do planejamento apenas comigo...”*

A execução de reuniões de curto prazo, mesmo com a aproximação do período de entrega da obra, poderia contribuir para a efetiva terminalidade e qualidade daqueles serviços. Essa flexibilização mostra que a Empresa Beta precisa de uma imersão maior nos conceitos de PCP e LPS para que essas práticas não implementadas se tornem rotinas na referida empresa.

Ressalta-se que o plano de longo prazo da produção ficava disponível em um painel de gestão à vista localizado na sala técnica. Notou-se, ainda, que o trabalho de gestão desse plano ficava a cargo principalmente do gestor da obra e o engenheiro de planejamento da empresa de consultoria que apoiava aquela obra. No entanto, não foi percebido um rigor na utilização dos planos de curto prazo por parte dos gestores da obra.

Outro ponto de melhoria observado foi em relação à implementação do planejamento de médio prazo na obra estudada. Conforme mencionado em entrevista, esse plano chegou a ser trabalhado

no início da obra, mas depois passou a não ser mais empregado. O cronograma de médio prazo da produção, conforme discutido no subitem 2.2, pode ser realizado com horizonte de dois meses enquanto a identificação e remoção das restrições garantem o fluxo e a proteção da produção.

Sobre a implementação do PCS, a Empresa Beta não possuía a hierarquização dos planos da segurança em três horizontes: longo, médio e de curto prazo. Além disso, a busca pela integração entre os aspectos de produção e segurança foi pouco evidenciada (i.e., ausência do LPS, falta de aplicação dos planos de segurança em níveis de longo, médio e curto prazo, dentre outros) durante as observações de campo e análises documentais feitas pelo pesquisador. Nesse caso, existiam oportunidades de melhoria para processo de planejamento da segurança na referida obra propostos ainda por Saurin (2002) e Cambraia (2004), uma vez que a equipe de segurança não possuía o conhecimento de ferramentas específicas desse conceito, tais como aquelas propostas no subitem 2.3, que podem também ser visualizadas pelos Anexos 4, 5 e 6 desta pesquisa.

Vale destacar que tanto o gestor da obra como o da segurança apontaram dificuldades com relação às pressões impostas pela entrega de obra, que foram potencializadas principalmente por causa da pandemia de COVID-19. O tempo de paralisação, a criticidade da situação e a proximidade da data de entrega prevista afetaram a qualidade das ações de PCP, uma vez que os gestores tiveram de se adequar a novas modalidades de trabalho com distanciamento social, cuidados contra a contaminação e, ainda, com a gestão da segurança de um modo geral.

b) Envolvimento das partes interessadas no processo de PCP e PCS:

Conforme já comentado, a hierarquização do planejamento da produção era feita parcialmente e os intervenientes estavam envolvidos apenas em práticas pontuais identificadas durante este estudo empírico: acompanhamento do cronograma de longo prazo, elaboração da planilha de curto prazo, reuniões de curto prazo esporádicas no período da pesquisa, dentre outras.

No aspecto de integração com o PCS, não havia planos de longo, médio e curto prazo estipulados para a segurança conforme as diretrizes do LPS. Nesse caso, a participação da equipe de segurança nas reuniões de planejamento não era uma rotina devidamente implementada, inclusive aconteciam somente quando algumas etapas específicas da obra exigiam maior controle da segurança.

Durante as observações, verificou-se que a gestora da segurança seguia os protocolos normativos usuais de gestão da segurança (NR-18, PCMAT, PCMSO, outros) a contento, realizando o acompanhamento e registro de treinamentos, controle de indicadores, controle de contaminação da COVID-19, dentre outros. No entanto, nota-se que a responsabilidade por esse conjunto de ações de controle da segurança ficava muito centralizada na pessoa da Técnica em Segurança do Trabalho,

quando na realidade, precisava-se de uma maior integração com as ações intervenientes de gestão da produção, conforme se discutiu na seção 2 desta pesquisa.

c) Análise da utilização de tecnologias digitais (eficiência e aprendizagem):

Durante a sua entrevista, o gestor da obra não soube relatar se a Empresa Beta pretendia adotar alguma outra tecnologia digital, mas afirmou que se busca trabalhar com a modelagem em BIM de uma forma mais efetiva. Foi citado que a referida empresa costumava participar de eventos sobre a implementação de BIM em canteiro de obras, nos quais a obra estudada havia sido apresentada como um case devido ao seu modelo 3D ter sido bem desenvolvido e conseguido integrar as diversas disciplinas técnicas da obra (arquitetura, estrutura, instalações, incêndio, dentre outras).

Embora o modelo BIM 3D da referida obra tenha sido considerado uma boa ferramenta de planejamento e controle, no decorrer da pesquisa foi percebido que a tecnologia ainda não fazia parte do processo de PCP e de PCS como uma ferramenta de apoio. Durante a observação participante, não se verificou, por exemplo, a utilização do modelo BIM 3D durante reuniões ou discussões técnicas entre gestor e equipes. Tal tecnologia poderia ter sido empregada com maior frequência para controle de terminalidade, gestão da qualidade e planejamento da segurança de alguns serviços críticos.

A partir dos testes realizados pelo pesquisador com a Câmera 360 graus no canteiro de obras da Empresa Beta, a praticidade de operação e a qualidade das imagens obtidas com essa tecnologia permitiu apontar, também, algumas potencialidades com relação ao processo de PCP e de PCS, que podem ser resumidos da mesma forma que aqueles apresentados no subitem 5.1.3 (auxiliar o processo de inspeção dos serviços; otimizar a medição de serviços concluídos; apoiar e otimizar as reuniões de curto prazo e a verificação de pacotes concluídos – PPC por local; utilizar imagens durante as reuniões para verificação de itens da segurança individual ou coletiva, dentre outros), identificados previamente durante o primeiro estudo empírico.

Já com base na aplicação teste do VANT na obra da Empresa Beta, percebeu-se que essa tecnologia permite apontar algumas potencialidades com relação ao processo de PCP e de PCS, por exemplo:

- I. Aplicações para o PCP: auxiliar o processo de inspeção dos serviços externos (fachada, cobertura, áreas comuns e de lazer, outros); otimizar a medição de serviços concluídos (produtividade); apoiar e otimizar as reuniões de curto prazo (verificação de pacotes concluídos – PPC por local), aumentar o princípio de transparência (difusão de dados do planejamento e controle), dentre outros;

- II. Aplicações para o PCS: Utilizar o equipamento para verificar itens da segurança dos funcionários que trabalham em altura;
- III. Utilizar as imagens durante as reuniões (DDS, treinamentos, reuniões de curto prazo etc.) para reforço das questões de segurança individual e/ou coletiva, bem como utilizar as imagens para auxiliar a realização das análises preliminares de risco (APR), dentre outros.

5.3 Refinamento em modelos de integração entre PCP e PCS

A partir do suporte bibliográfico e dos estudos empíricos realizados, este item sintetiza o processo que consistiu nas etapas para o refinamento dos modelos de integração entre a produção e a segurança apresentados previamente no item 2.3 do referencial teórico. Esse refinamento (subitem 5.3.2) representa, portanto, o artefato elaborado durante esta pesquisa, que é avaliado posteriormente, tanto em comparação aos modelos já existentes na literatura como pela percepção dos representantes das empresas estudadas (Alfa e Beta).

Para tanto, apresenta-se, em seguida, uma análise crítica (subitem 5.3.1) dos modelos de PCS discutidos durante o referencial teórico desta pesquisa, que serviu para exaltar as melhorias que se mostraram necessárias durante a elaboração do artefato proposto (subitem 5.3.2).

5.3.1 Análise crítica de modelos de integração existentes

Considerando-se os primeiros modelos de integração entre a produção e a segurança apresentados no item 2.3 do referencial teórico (ver Figuras 2 e 3), observa-se que a formalização do PCS foi sugerida como uma inovação ao processo de gestão da segurança, sendo fortemente relacionada com conceitos e técnicas ligadas ao sucesso do PCP. De acordo com a literatura, alguns pontos positivos e dificuldades puderam ser observados quanto à utilidade dos modelos e a sua implementação.

O Quadro 17 sintetiza algumas observações ponderadas nos estudos de Saurin et al. (2002) e Cambraia (2004).

Quadro 17 – Análise crítica dos modelos de PCS

Critérios	Sub-critérios	Oportunidades	Dificuldades
Utilidade do PCS	<ul style="list-style-type: none"> Identificação e controle de riscos 	<ul style="list-style-type: none"> Reuniões integradas (produção e segurança) permitiram melhores identificação e caracterização dos riscos; A coleta de indicadores em campo ampliou a visualização e identificação de riscos ocultos; Reuniões mensais foram de grande importância para as decisões estratégicas do PCS. 	<ul style="list-style-type: none"> Alguns controles se mostraram ineficazes na identificação de riscos quando se tratavam de particularidades da mão de obra (ex: treinamentos, demanda de EPI's, outros.); As características da obra, bem como sua complexidade, requerem modificações nas formas de coleta de dados e avaliação de riscos.
	<ul style="list-style-type: none"> Desenvolvimento e implementação de respostas aos riscos; 	<ul style="list-style-type: none"> Atualização do plano de longo prazo da segurança com mais frequência, uma vez que novos riscos passam a ser identificados no decorrer da obra; A implementação dos planos de longo, médio e curto prazo otimizaram a gestão das medidas de segurança. 	<ul style="list-style-type: none"> Atender a todas as demandas de implementação de respostas aos riscos, devido a falta de total participação dos envolvidos; A complexidade do empreendimento também pode fazer com que alguns riscos não sejam sanados a tempo.
	<ul style="list-style-type: none"> Atendimento às exigências externas 	<ul style="list-style-type: none"> O modelo de PCS otimizou itens normativos exigidos em auditorias de segurança. 	<ul style="list-style-type: none"> N.A.
Facilidade de implementação do PCS	Eficiência do PCS;	<ul style="list-style-type: none"> Indicadores como <i>adequação à NR-18</i> permitiram a verificação de cumprimento de normas de segurança; Adequações de ferramentas do PCS aos controles da CIPA e de qualidade. 	<ul style="list-style-type: none"> Complexidade do empreendimento tende a refutar a eficiência do modelo.
	Compreensão do modelo;	<ul style="list-style-type: none"> A permanência das reuniões de planejamento integrado e a coleta de indicadores (ex: PPS) mais eficientes; Redução de erros e inconsistências no preenchimento das planilhas de controle; Mudanças comportamentais para a implementação das ações. 	<ul style="list-style-type: none"> Dedicação dos intervenientes na manutenção e uso das ferramentas após a implementação; Existência/permanência de funcionários capacitados especificamente para o PCS.
	Possibilidade de continuação	<ul style="list-style-type: none"> O interesse das empresas em disseminar o PCS em outras obras; Ações de baixo custo propostas no modelo de integração. 	<ul style="list-style-type: none"> Envolvimento das equipes terceirizadas no processo de PCS.

Fonte: Do autor (2023).

Além das observações pontuadas pelo Quadro 17, nota-se que os modelos de integração defendidos por Saurin et al. (2002) e Cambraia (2004) dependem, ainda, de alguns procedimentos manuais de controle tais como: preenchimento de planilhas, registros visuais (presenciais) em locais de trabalho, dentre outras. O Anexo 6 (planilha de análise preliminar de riscos), por exemplo, mostra uma das ferramentas sugeridas pelos referidos autores cujo preenchimento é manual.

Ainda em relação aos modelos citados, eles não sugerem a adesão de tecnologias digitais para apoiar a implementação e operacionalização do processo. Observa-se, por exemplo, que o acompanhamento das informações de produção ou da segurança integrado a modelos BIM não foi proposto nos estudos citados. Essa deficiência pode ser explicada pelo período de realização da pesquisa original (SAURIN, 2002), no qual o BIM ainda se encontrava em processo inicial de implementação no Brasil, por exemplo.

Já uma análise do estudo de Melo e Costa (2019) mostra que a formalização do PCS foi sugerida como uma inovação ao processo de gestão da segurança, sendo, nesse caso, apoiada pela utilização da tecnologia VANT (ver modelo na Figura 7). O Quadro 18, portanto, sintetiza algumas observações ponderadas no referido estudo.

Quadro 18 – Análise crítica do modelo de PCS com aplicação do VANT

Critérios	Oportunidades	Dificuldades
Utilidade do PCS com apoio do VANT	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O monitoramento das condições de trabalho das áreas externas realizado com o VANT facilitou a coleta de dados para o PCS e reduziu o tempo de fiscalização; ▪ A utilização do VANT permitiu um maior acompanhamento e redução das restrições do planejamento de médio prazo de segurança; ▪ Os ativos visuais do VANT permitiram a visualização de condições reais de campo e dos limites de trabalho seguro, principalmente em processos de alta complexidade e risco; ▪ A aplicação do VANT como ferramenta adicional ao PCS auxiliou no entendimento das diferenças entre <i>work as planned</i> e <i>work as done</i>; ▪ O VANT produziu ativos visuais que puderam ser aplicados durante os treinamentos em segurança, o planejamento de etapas posteriores e definição de novas medidas de proteção coletiva. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mesmo com a implementação do PCS, ainda foram percebidas fragilidades na integração entre a produção e segurança e na identificação de riscos; ▪ O uso do VANT não contribuiu efetivamente para o monitoramento do progresso da produção e da segurança de serviços internos.

Fonte: Do autor (2023)

Ainda que a aplicação do VANT tenha sido vista como um grande potencial de apoio ao PCS, a estrutura conceitual apresentada por Melo e Costa (2019) não ressalta os diversos mecanismos de associação necessários entre as ações de PCS e da segurança, assim como frisado por Saurin et al. (2002), tais como: as ferramentas de planejamento (planos integrados de longo, médio e curto prazo), de controle (indicadores proativos e reativos) e para difusão dessas informações e dados aos interessados.

Outra observação importante sobre o estudo citado, conforme apontado pelo Quadro 18, é que a pesquisa não indica alternativas que atendam ao monitoramento dos itens de produção e/ou segurança das atividades internas. Nesse caso, embora existam os procedimentos de inspeção tradicionais (monitoramento presencial, preenchimento manual e digital de controles de produção e de segurança, dentre outros) inerentes ao PCS, a aplicação de alguma tecnologia adicional pode ser um fator de otimização e celeridade aos processos de monitoramento do progresso.

5.3.2 Modelo refinado com a pesquisa

O refinamento proposto neste subitem foi resultado de uma análise dos modelos já apresentados na literatura (SAURIN et al., 2002, CAMBRAIA, 2004, MELO; COSTA 2019), bem como das aplicações de tecnologias digitais citadas tanto em referencial teórico como, também, durante os estudos empíricos descritos na atual pesquisa. Portanto, o modelo de PCS (Figura 41) é um incremento de estruturas apresentadas anteriormente (literatura) com as melhorias adquiridas por meio de observações, entrevistas e análise documental, além de práticas possibilitadas pelas tecnologias digitais.

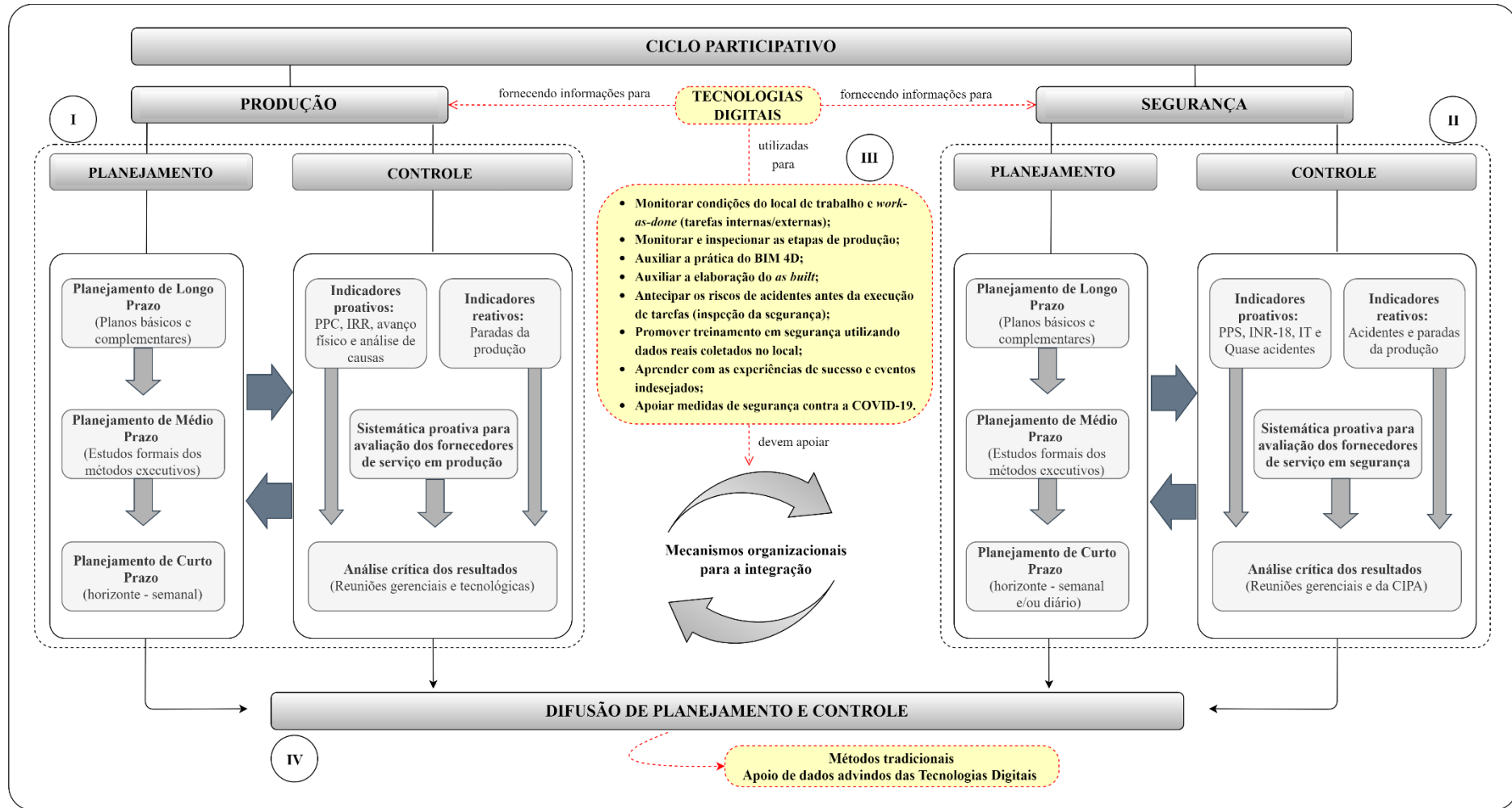
Ainda no modelo apresentado pela Figura 41, observa-se a sua estruturação em quatro partes principais (I, II, III e IV), que representam constructos utilizados na elaboração desse refinamento (artefato). Conforme já citado, a construção deste artefato teve como base principalmente as contribuições dos estudos de Saurin et al. (2002), Cambraia (2004) e Melo e Costa (2019).

Inicialmente, as partes I e II representam as estruturas de referência básicas para o entendimento do modelo de PCS, devidamente apresentadas por Saurin et al. (2002) e Cambraia (2004). Segundo os mesmos autores, o trabalho de controle da produção e da segurança são indissociáveis e dependem fortemente da estrutura sistemática do LPS, além dos demais mecanismos organizacionais que contribuam para essa integração (i.e. treinamentos, incentivo ao controle integrado, políticas de premiações ou penalidades em caso de cumprimento ou não das metas, entre outros) Portanto, as ponderações, ferramentas e técnicas de PCS propostas por esses autores consideram-se adotadas pelo modelo refinado proposto na presente pesquisa.

Já a parte III, que complementa o refinamento proposto, traz algumas contribuições do estudo de Melo e Costa (2019), além de outras ponderações observadas durante a análise bibliográfica (etapa inicial de fundamentação e compreensão) e a realização dos estudos empíricos aplicados nesta pesquisa. Ressalta-se que as contribuições do uso das tecnologias digitais VANT e Câmera 360 citadas no item 2.4 do referencial teórico puderam ser complementadas pelas informações e experiências observadas durante os estudos empíricos descritos na seção 5.

Por fim, em relação à parte IV do modelo refinado (Difusão do planejamento e controle) consideram-se adotadas as sugestões dos estudos originais de Saurin et al., (2002) e Cambraia (2004) para a divulgação do PCS, tais como: (a) manter seções de treinamentos com os trabalhadores acerca dos planos de longo prazo da segurança; (b) reuniões de planejamento de médio e curto prazo com frequência definida e incluindo a participação de todos os intervenientes necessários (próprios ou terceirizados); (c) uso de dispositivos visuais para apresentação dos resultados e indicadores da produção e da segurança e (d) e formalização de relatórios mensais de desempenho da produção e da segurança para apresentação em reuniões de alinhamento e resultados, dentre outras.

Figura 41 – Modelo de integração entre o PCP e PCS refinado



Fonte: do autor (2023).

5.3.3 Apresentação e validação da solução proposta

Conforme descrito na seção de Método, as últimas ações desta pesquisa consistiram na apresentação do artefato proposto e sua validação junto aos representantes das empresas estudadas. Dessa forma, a apresentação se deu durante a realização de um Grupo Focal que reuniu o gestor da obra e o Técnico de Segurança do Trabalho dos dois canteiros analisados (empresas Alfa e Beta), quando foi possível se obter suas percepções e contribuições acerca do estudo desenvolvido.

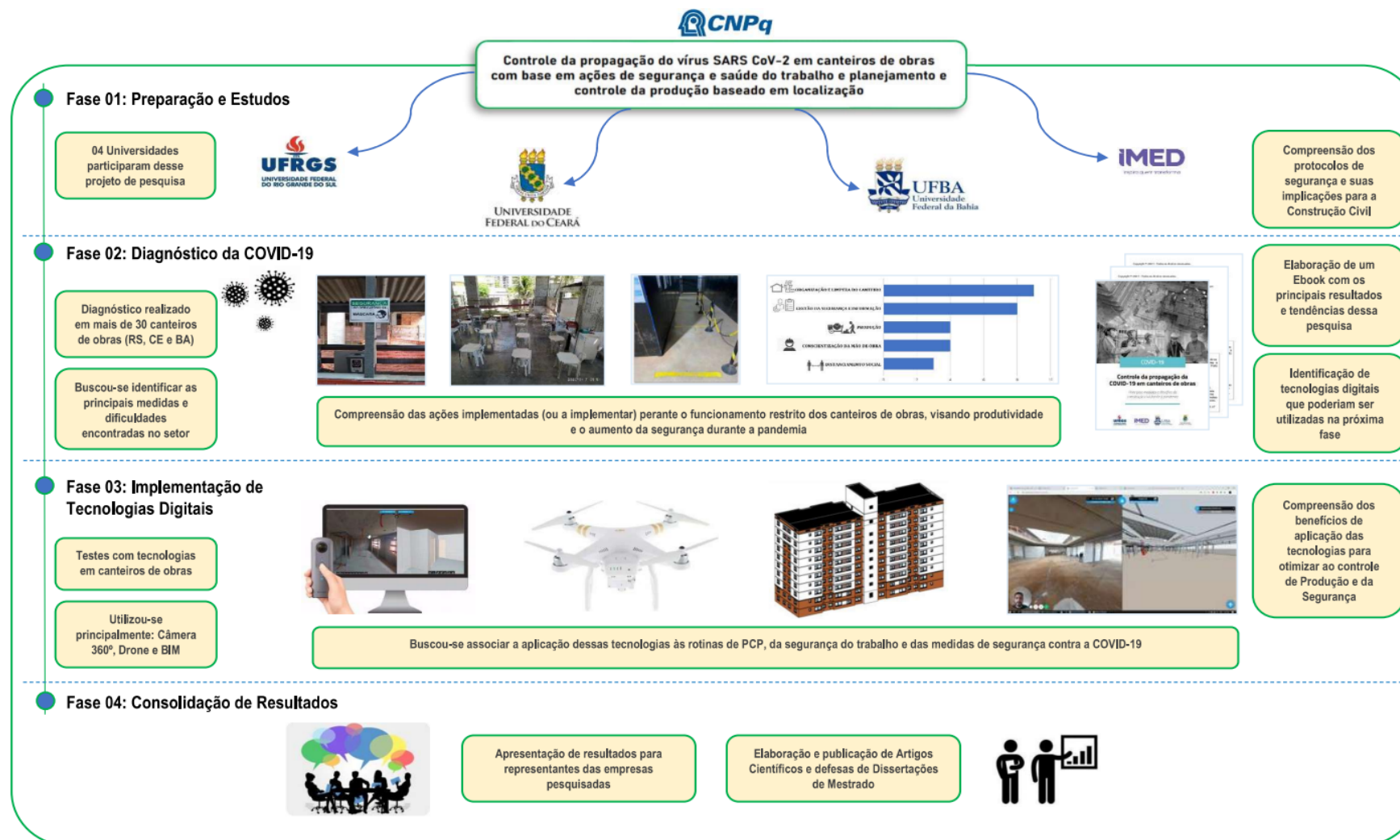
O Grupo Focal seguiu o plano de atividades apresentado anteriormente (Quadro 15), contando efetivamente com a participação dos quatro membros convidados nas discussões propostas por essa técnica. A ação iniciou-se com a apresentação de um panorama geral do estudo realizado, considerando desde o projeto de pesquisa inicial (Controle de propagação do vírus SARS-Cov-2 em canteiros de obras com base em ações de segurança e saúde do trabalho e planejamento e controle da produção baseado em localização), que fundamentou esta Dissertação de Mestrado, até a consolidação dos resultados previstos para a atual pesquisa. Ressalta-se que esse primeiro momento foi necessário para que os participantes tomassem ciência da dimensão do projeto e de seus desdobramentos, diante dos vários meses decorridos desde o início da pesquisa. A Figura 42 mostra esse panorama de esclarecimentos da pesquisa como um todo, apresentado durante o Grupo Focal.

Em continuação, apresentou-se e discutiu-se a utilização das duas tecnologias digitais empregadas durante os estudos empíricos. Essa discussão ocorreu com a divulgação de dados reais dos canteiros de obras (imagens da Câmera 360 graus, do VANT e outros dados), resultados e percepções do autor, que estimularam a interação do grupo diante das ponderações apresentadas.

Em seguida, o pesquisador apresentou o modelo de integração entre o PCP e o PCS refinado durante a atual pesquisa, esclarecendo sua composição, suas contribuições e estimulando, também, a interação do grupo acerca do entendimento e aplicações desse modelo. A partir da aplicação do formulário de avaliação da pesquisa (Apêndice 6), foi possível compreender a percepção dos envolvidos acerca da utilização de tecnologias digitais, especialmente a Câmera 360 graus e o VANT, e, também, sobre a implementação do modelo apresentado.

De maneira geral, em relação ao conteúdo do modelo proposto e o uso das tecnologias digitais (Câmera 360 graus e VANT), os quatro gestores afirmaram estar satisfeitos com a proposta da pesquisa. O artefato apresentado foi considerado de fácil compreensão e propício a gerar aspectos positivos como: melhoria no controle da produção e da segurança, melhoria da qualidade dos serviços, otimização do acompanhamento real das atividades, melhor visualização de terminalidade dos serviços, maior controle de avanço físico, além de auxiliar na elaboração de projetos *as built*. Tais observações vão ao encontro da opinião de autores como Jahanger et al. (2021) e Grosskopf et al. (2019).

Figura 42 – Panorama geral do estudo apresentado no Grupo Focal



Fonte: do autor (2023).

Uma vez que o VANT e a Câmera 360 graus foram diretamente agregados ao modelo refinado (Figura 41) na forma de tecnologias digitais que dão apoio às ações de PCP e PCS, as possíveis aplicações dessas tecnologias percebidas pelo autor na fase de estudos empíricos, além das contribuições dos gestores fornecidas durante o Grupo Focal, permitiram a elaboração do Quadro 19. Esse quadro mostra como essas duas tecnologias podem apoiar a integração do PCP à segurança, de acordo com as observações indicadas no próprio modelo refinado.

Quadro 19 – Aplicação das tecnologias no PCS refinado

Item do modelo (Parte III)	Tecnologia	Aplicações
Monitorar condições do local de trabalho e <i>work as done</i>	VANT	▪ Verificação periódica dos setores e atividades da produção, além de itens normativos da segurança dos ambientes externos em tempo real, por meio das imagens capturadas;
	Câmera 360	▪ Verificação periódica dos setores e atividades da produção, além de itens normativos da segurança dos ambientes internos em tempo real, por meio das imagens capturadas;
Monitorar e inspecionar as etapas de produção	VANT	▪ Utilização dos dados (imagens capturadas) para verificação de: fluxo de trabalho, assertividade, compatibilidade com projetos, planos (curto e médio prazo) e condições de segurança de modo otimizado e rápido;
	Câmera 360	
Auxiliar a prática do BIM 4D	VANT	▪ Comparação dos dados (imagens capturadas) com os modelos BIM 4D para verificação em tempo real do progresso (<i>work as done</i>) em relação ao que foi planejado (<i>work as imagined</i>);
	Câmera 360	
Auxiliar a elaboração do <i>As built</i>	VANT	▪ Utilização do banco de dados (conjunto de imagens) para a elaboração de modelos 3D da obra de acordo com o que foi realmente executado, formalizando projetos <i>As built</i> mais assertivos, em acordo com Barazzetti et al. (2019) e Barazzetti et al. (2018);
	Câmera 360	
Antecipar os riscos de acidentes antes da execução das tarefas	VANT	▪ Utilização de imagens do banco de dados para prever rapidamente situações de insegurança em postos de trabalho com atividades em execução ou a iniciar e em locais de difícil acesso;
	Câmera 360	
Promover treinamentos em segurança utilizando dados coletados no local	VANT	▪ Utilização, durante os treinamentos em segurança e DDS's, de imagens do banco de dados que comprovem situações reais de insegurança dos locais de trabalho ou do operário;
	Câmera 360	
Aprender com experiências de sucesso e eventos indesejados	VANT	▪ Monitoramento dos indicadores de produção e de segurança (ex: PPC, PPS, INR-18, acidentes, quase acidentes, outros) após o treinamento com as imagens do banco de dados;
	Câmera 360	
Apoiar as medidas de segurança contra a COVID-19	VANT	▪ Monitoramento de ações de SST voltadas para o controle da COVID-19 (principalmente distanciamento social e uso de máscaras) em tempo real e em locais de difícil acesso, por meio das imagens capturadas.
	Câmera 360	

Fonte: Do autor (2023).

Observou-se que, em relação à discussão sobre o uso das tecnologias digitais para controle de ações de saúde e segurança do trabalho em situações de crise como a pandemia de COVID-19, os gestores consideraram as duas tecnologias como viáveis para este fim, embora apresentassem aplicações limitadas à verificação do distanciamento social e ao uso de máscaras entre os operários.

Já quando questionados sobre as dificuldades de implementação do modelo e das tecnologias propostas nos canteiros de obras, os gestores apontaram, principalmente: custo de adesão, manutenção e necessidade de capacitação de operadores para essas tecnologias. Além disso, a adaptação dos funcionários mais “antigos”, ou seja, de mais idade, também foi apontada por um dos gestores como uma possível dificuldade. Vale destacar que a deficiência e a resistência das equipes com relação ao uso de tecnologias também foram citadas em estudos de Forcael et al. (2020) e Mechtcherine et al. (2020).

Por fim, ressalta-se que, na percepção dos gestores, outras tecnologias, além da Câmera 360 graus e do VANT, poderiam ser implementadas ao modelo de integração refinado, também com o intuito de otimizar as ações de PCP e de segurança dos canteiros de obras. Algumas dessas tecnologias sugeridas foram:

- Tablets;
- Equipamentos de realidade virtual aumentada;
- Equipamentos de Inteligência Artificial (IA) para identificação do uso correto de EPI's (ex.: capacetes);
- Microcâmeras para a verificação de obstruções em instalações hidrossanitárias.

Em relação às sugestões dos gestores, ressalta-se a sua convergência com a opinião de alguns autores da literatura como Guo et al. (2018) e Wen e Gheisari (2020), que desenvolveram pesquisas internacionalmente com a utilização das mesmas tecnologias aqui citadas.

5.4 Discussão final acerca dos resultados e da solução desenvolvida

A etapa de estudos empíricos teve por objetivo identificar as principais necessidades quanto à gestão das ações do controle de produção e da segurança, sob um olhar investigativo de melhoria do suas ações e do processo de integração buscado. Ainda, bastante esforço foi empregado na testagem das duas tecnologias (VANT e Câmera 360 graus), em busca de compreender como esses dispositivos poderiam ser mais úteis ao modelo de PCS.

A análise das informações e dados coletados em visitas à campo e entrevistas realizadas auxiliou na visualização das dificuldades e oportunidades para o uso de tecnologias digitais de modo

geral, e principalmente no refinamento do modelo de integração proposto, que é considerado a principal contribuição desse estudo.

Ressalta-se que o modelo foi avaliado a partir da literatura, das evidências dos estudos empíricos e da percepção de alguns gestores, uma vez que não houve tempo para testá-lo integralmente nas duas empresas estudadas. A avaliação e reflexões foram feitas considerando-se três pontos principais: o modelo em si e sua compatibilidade com a realidade retratada; suas possíveis contribuições em termos de utilidade e facilidade de uso; e seus potenciais benefícios ao ser utilizado para auxiliar as ações de PCP e PCS.

Essa proposta de integração apresentada em formato de modelo gerencial muito tem a contribuir para a construção de referencial teórico sobre o assunto, além do enorme potencial de aplicações práticas percebidas, inclusive, pelos gestores que participaram do Grupo Focal de avaliação. É importante frisar o relato de um dos engenheiros da empresa Beta, quando afirmou: “esse trabalho foi muito interessante para a nossa empresa, eu usaria o modelo, principalmente, com o VANT em meus canteiros, pois as nossas obras são horizontais, então é difícil fiscalizar todos os lugares ao mesmo tempo”.

Apesar desse modelo proposto ter sido estruturado a partir da reflexão sobre outros estudos acadêmicos e da implementação das ferramentas VANT e Câmera 360 graus, ele permite, ainda, um trabalho mais abrangente com a aplicação de outras tecnologias digitais existentes e que possuem suas particularidades de uso. A adoção de diferentes tecnologias digitais, por si só, já tende a revolucionar as atividades tradicionais da construção civil (CRAVEIRO et al., 2019; FORCAEL et al., 2020; TAY et al., 2017; WIDYATMOKO, 2020) e espera-se que, ao serem associadas ao modelo de PCS proposto, possam potencializar ainda mais as ações e resultados das suas camadas gerenciais.

6 CONCLUSÃO

A ideia norteadora desta pesquisa, com base em seus objetivos, foi a de refinar os modelos de integração entre PCP e PCS, conforme já buscavam outras pesquisas originais como as de Saurin et al. (2002) e Cambraia (2004). Nesse interim, tendo como pressuposto que a utilização de tecnologias digitais em canteiros de obras pode otimizar o acompanhamento do progresso, as ações de PCP e o monitoramento da segurança (MELO; COSTA, 2019), adotou-se como proposta para o refinamento, a inclusão de duas tecnologias versáteis, VANT e a Câmera 360, ao modelo de PCS.

Além disso, a procura por um ressignificado das ações de planejamento e controle diante de um período pandêmico (COVID-19) tornou-se presente no contexto do setor da construção civil, visto que a crise sanitária enfrentada desde março de 2020 até os dias remanescentes desta pesquisa foi um exemplo de que novos modelos de gestão são necessários para tornar o segmento mais resiliente, incluindo a possibilidade de se aplicar tecnologias que reduzam o contato entre pessoas quando necessário.

Diante disso, um ponto relevante da pesquisa foi a análise dos procedimentos de segurança adotados para o controle da COVID-19 em canteiros de obras, já que esse estudo se iniciou durante o período mais crítico da crise sanitária, e, portanto, teve como um dos objetivos secundários a compreensão dos impactos das medidas adotadas e suas implicações na proposta de integração da segurança à produção. Pôde-se perceber, durante esta etapa, uma baixa quantidade de sugestões de novas ações para reduzir o impacto no setor em relação àquelas já preconizadas pelas autoridades de saúde e identificadas no presente estudo, indicando uma saturação no nível de conhecimento atual ou acomodação dos esforços de prevenção. Neste sentido, as questões prementes e as oportunidades levantadas na subseção 4.8 deste trabalho apontam para alternativas que visaram aumentar a segurança e a prevenção à contaminação pelo Sars-cov-2, constituindo-se uma das contribuições deste trabalho.

Assim, conclui-se que as empresas do setor buscaram se adequar às medidas de segurança instituídas pelas autoridades e implementaram de forma bem-sucedida diferentes estratégias para mitigação dos impactos no setor da construção. Essa postura influenciou os seus intervenientes a terem uma visão ligeiramente positiva com relação à continuidade das atividades da construção civil e o seu risco durante a pandemia.

Com base no propósito da pesquisa, realizou-se, ainda, uma avaliação crítica dos modelos de PCS existentes na literatura, na qual se identificaram limitações nos artefatos estudados que serviram de embasamento para a criação da proposta deste estudo. Dentre as limitações encontradas em trabalhos como Saurin et al. (2002) e Cambraia (2004), destacaram-se: necessidade de modificações nas formas de coletas de dados em campo (geralmente feitas manualmente) para avaliação dos seus

riscos; complexidade e características específicas das obras (porte, segmento, outros) impedindo que alguns riscos sejam identificados em tempo hábil; e, ainda, o pouco envolvimento das equipes no uso e manutenção das ferramentas do PCS após a sua implementação.

A ponderação das dificuldades encontradas durante a análise crítica citada anteriormente, auxiliou no direcionamento dos esforços para melhores esclarecimento e adaptação dos componentes do PCS, da sua integração com o PCP e, também, para a escolha de tecnologias digitais compatíveis com a proposta desse estudo, que no caso, sugeriu a aplicação do VANT e da Câmera 360 graus.

Em relação ao objetivo específico de implementação das tecnologias: VANT e Câmera 360 graus, realizaram-se testes em dois tipos diferentes canteiros de obras, sendo um vertical (Empresa Alfa) e outro horizontal (Empresa Beta). O uso dessas tecnologias mostrou-se um trabalho simples, sem interferências diretas às atividades normais das equipes, e, portanto, sendo considerado de fácil implementação na rotina de PCP e PCS dessas empresas. Chama-se a atenção apenas à necessidade de treinamento para o uso dessas tecnologias e gerenciamento eficaz de seus dados (imagens em plataformas digitais).

Percebeu-se que a aplicação da Câmera 360 graus no primeiro Estudo Empírico, conforme descrito na subseção 5.1.2, favoreceu bastante alguns processos de controle da produção, podendo-se exemplificar com o apoio ao processo de inspeção dos serviços (qualidade e terminalidade); a otimização da medição de serviços concluídos (produtividade); a possibilidade de utilização de dados reais (imagens) durante as reuniões de curto prazo (verificação de pacotes concluídos – PPC por local), dentre outros. Além disso, os dados coletados podem ser utilizados como ativos ao controle da segurança, a saber: utilizando-se as imagens durante as reuniões gerenciais (DDS, treinamentos, reuniões de curto prazo, etc.) para verificação de itens da segurança, ou mesmo para auxiliar as análises de risco das atividades em execução.

Da mesma forma, a utilização do VANT e, também, da Câmera 360 graus no segundo Estudo Empírico, conforme descrito na subseção 5.2.2, proporcionou benefícios aos diferentes aspectos; produção e segurança. Vale destacar que a aplicação do VANT teve uma maior funcionalidade na aferição de progresso e inspeção dos serviços externos (fachada, cobertura, áreas comuns e de lazer, outros), além verificar itens da segurança dos funcionários que trabalhavam em altura. Já a Câmera 360 graus teve um potencial no estudo dos serviços em ambientes internos, o que já havia sido apontado como limitação do VANT em estudos recentes como Melo e Costa (2019) e Lima (2021).

Além disso, a partir das experiências citadas nos dois estudos empíricos, incluindo as entrevistas, observações e análises documentais, foi proposto o refinamento aos modelos de PCS, sendo considerado a principal contribuição desse trabalho. O modelo refinado teve seu aprofundamento buscado após os resultados de pesquisas anteriores citadas no referencial teórico, que foram realizadas

tanto com as mesmas tecnologias aqui apresentadas (VANT e Câmera 360 graus) como outras sugeridas pela própria literatura. Nesse caso, a aplicação de tecnologias digitais foi considerada um *insight* para as necessidades observadas durante a análise dos modelos de PCS propostos originalmente por Saurin et al. (2002) e Cambraia (2004), uma vez que as tecnologias promovem o acompanhamento mais eficiente das equipes, reduz as dificuldades de acompanhamento holístico da obra e possibilitam uma maior visualização do estratégica do canteiro de obras (tanto presencial quanto fora dele).

Ainda, a avaliação do modelo refinado feita com gestores das empresas estudadas mostrou diversas possibilidades para o uso da Câmera 360 graus e do VANT em canteiros de obras verticais e horizontais, considerando-se as necessidades e deficiências ainda existentes nos aspectos de controle da produção e da segurança do setor. Entre as reflexões associadas à otimização do PCP e do PCS, destacaram-se a melhoria nos processos de inspeção, o controle realizado de forma conjunta entre as imagens e a modelagem BIM, a possibilidade do acompanhamento da obra em tempo real, o monitoramento do progresso, a previsão/prevenção de acidentes, a elaboração de projetos *as built*s com maior assertividade. Já com relação aos protocolos de segurança contra a COVID-19, as duas tecnologias empregadas mostraram-se viáveis, principalmente, em relação ao monitoramento do distanciamento social.

Constatou-se, com isso, uma boa predisposição à adoção ou à intenção de adotar novas tecnologias como o VANT e a Câmera 360 graus, já que, nos dois estudos empíricos realizados, houve contribuições para as suas realidades específicas (uma obra vertical de alto padrão da Empresa Alfa e outra horizontal de padrão popular da Empresa Beta) apreciadas pelos representantes dessas organizações. Durante a pesquisa, percebeu-se, ainda, que a utilização de metodologias de integração entre planejamento e segurança junto com a adoção de tecnologias digitais podem auxiliar na melhoria da segurança e no aumento da eficiência da produção, assim como já apontam Álvares *et al.* (2018), Melo e Costa (2019) e Barazzetti *et al.* (2019).

No entanto, é necessária uma atenção especial às dificuldades apontadas pelos gestores das obras estudadas acerca do uso de tecnologias digitais em canteiro de obras. Na visão destes, a qualificação da mão de obra e o custo de aquisição costumam ser empecilhos para a adoção dessas ferramentas no atual cenário da construção civil. Ressalta-se que, no caso das tecnologias empregadas na atual pesquisa (Câmera 360 graus e VANT), o custo de sua aquisição foi de aproximadamente 20 mil reais, que representa cerca de 0,1 a 0,5% do custo total de uma obra de mesmo padrão daquela analisada na Empresa Alfa, por exemplo. Pode-se concluir, portanto, que a questão cultural do uso de mão de obra pouco treinada, a resistência a mudanças de comportamento e à inovação ainda se fazem presentes no setor da construção, conforme já abordaram Forcael et al. (2020) e Mechtcherine et al. (2020).

Por fim, vale destacar algumas limitações desta pesquisa, visto que a maior parte das ações desenvolvidas ocorreram ainda durante a pandemia de COVID-19 (entre meados de 2021 e 2022). Isso implicou em quantidades de visitas limitadas às empresas, respeitando-se todas as recomendações dos protocolos de segurança implementados na ocasião. Além disso, grande parte dos esforços empregados nesse trabalho foram direcionados para o aprendizado e implementação das tecnologias digitais, não sendo possível trabalhar com maior profundidade na implementação e acompanhamento do modelo desenvolvido dentro das empresas.

Ressalta-se, ainda, que outras tecnologias digitais além do VANT e da Câmera 360 graus, também comentadas no referencial teórico desta pesquisa e, também, pelos próprios gestores na etapa de validação, poderão ser enquadradas no modelo refinado de PCP e PCS proposto, levando-se em consideração suas possíveis aplicações quanto à gestão da produção e da segurança.

Portanto, trabalhos futuros poderão ser realizados, considerando-se: a implementação do modelo aqui apresentado e incluindo tecnologias como BIM 4D, realidade aumentada, plataformas de automação de dados, RFID, dentre outras, buscando-se assim aumentar, ainda mais, a eficiência do PCS e de suas aplicações práticas relacionadas à antecipação de riscos, ao controle da produção e da segurança. O aumento da integração dos intervenientes (diretores, gestores e clientes) por meio de plataformas digitais com acesso remoto (à distância), também pode ser uma alternativa, já que essa medida foi bastante cogitada durante a crise sanitária de COVID-19 e permaneceu em uso nos mais diversos setores, mesmo durante o fim do período mais crítico de contaminação da doença.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – **NBR 12284** – Áreas de vivência em canteiros de obras – Procedimento. Rio de Janeiro, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – **NBR 18801** – Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho – Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INCORPORADORAS IMOBILIÁRIAS – **23ª PESQUISA ABRAINCC - CANTEIRO DE OBRAS** – 23ª pesquisa nacional da ABRAINCC em canteiros de obras indica nova melhora nos indicadores: aumento do número de recuperados e redução dos casos suspeitos. São Paulo, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INCORPORADORAS IMOBILIÁRIAS – **62ª PESQUISA ABRAINCC - CANTEIRO DE OBRAS** – 62ª pesquisa nacional da ABRAINCC em canteiros de obras indica nova melhora nos indicadores: aumento do número de recuperados e redução dos casos suspeitos. São Paulo, 2021.
- ADEPOJU, O. O.; AIGBAVBOA, C. O. Implementation of Construction 4.0 in Nigeria: Evaluating the Opportunities and Threats on the Workforce. **Academic Journal of Interdisciplinary Studies**. [s.l.], v. 9, n. 5, p. 254–264, 2020.
- ALI, I.; ALHARBI, O. M. L. COVID-19: Disease, management, treatment, and social impact. **Science of the Total Environment**. Saudi Arabia, v. 728, n. 138861, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138861>.
- ALSHAREF, A. et al. Early impacts of the COVID-19 pandemic on the United States construction industry. **International Journal of Environmental Research and Public Health**. [s.l.], v. 18, n. 1559, p. 1–21, 2021.
- ÁLVARES, J. S.; COSTA, D. B.; MELO, R. R. S. DE. Exploratory study of using unmanned aerial system imagery for construction site 3D mapping. **Construction Innovation**. Salvador, BA, v. 18, n. 3, p. 301–320, 2018.
- AMOAH, C.; SIMPEH, F. Implementation challenges of COVID-19 safety measures at construction sites in South Africa. **Journal of Facilities Management**. Bloemfontein, South Africa, v. 19, n.1, p. 111-128, 2021.
- ANDRIASYAN, M. *et al.* From point cloud data to Building Information Modelling: An automatic parametric workflow for heritage. **Remote Sensing**. [s.l.], v. 12, n. 7, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/7/1094>. Acesso em: 5 set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12071094>
- ANDOLFO, C.; SADEGHPOUR, F. A probabilistic accident prediction model for construction sites, **Procedia Engineering**. [s.l.], v. 123, p. 15-23, 2015.
- ANGELIM, V. L. Proposta de modelo para apoio à realização do planejamento de médio prazo na construção civil. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- ARAYA, F. Modeling the spread of COVID-19 on construction workers: An agent-based approach. **Safety Science**. [s.l.], v. 133, n. 105022, 2021.
- BALLARD, H. G. Lookahead Planning: The Missing Link in Production Control. *In*: 5TH ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 1997. **Anais [...]**. [s.l.; s.n.] Disponível em: <https://bit.ly/2rO23vO>. Acesso em: 10 jun. 2022.

- BALLARD, H. G. The last planner system of production control. 2000. Thesis (Doctor of Philosophy), University of Birmingham, Birmingham, 2000. Disponível em: <http://etheses.bham.ac.uk/4789/>. Acesso em: 10 jun. 2022.
- BALLARD, G.; HAMMOND, J.; NICKERSON, R. Production control principles. *In*: Cuperus, Y. and Hirota, E.H. (ed.), 17TH ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 2009, Taipei, Taiwan. **Proceedings** [...]. Taipei, Taiwan, 2009, p. 489-500.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production: Essential Step in Production Control. **Journal of Construction Engineering and Management**. [s. l.], v. 124, n. 1, p. 11–17, 1998. Disponível em: <https://bit.ly/2rQZF6P>. Acesso em: 10 jun. 2022.
- BALLARD, Glenn; HOWELL, Gregory A. An update on last planner. *In*: 11TH ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, (IGLC-13) 2003, **Anais** [...] [s.l.; s.n.]
- BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. Current Process Benchmark for the Last Planner System. **Lean Construction Journal**, Berkeley, USA, p. 57–89, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/2lukWKA>. Acesso em: 10 jun. 2022.
- BARAZZETTI, L. et al. Connecting inside and outside through 360° imagery for close-range photogrammetry. **ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. Bergamo, Italy, v. 42, n. 2/W9, p. 87–92, 2019.
- BARAZZETTI, L.; PREVITALI, M.; RONCORONI, F. Can we use low-cost 360 degree cameras to create accurate 3D models? **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives**. Bergamo, Italy, v. 42, n. 2, p. 69–75, 2018.
- BEDDIAR, K.; GRELLIER, C.; WOODS, E. **Construction 4.0: Réinventer le Bâtiment Grâce au Numérique: BIM**. Paris, France, DfMA; Lean Management, 2019.
- BERNARDES, Maurício Moreira e Silva. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. 2001. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2001.
- BRASIL. Decreto nº 10.344, de 11 de maio de 2020. Dispõe sobre os serviços públicos e atividades essenciais durante o controle e enfrentamento da COVID-19 no país. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 158, n. 88, p. 1, 11 mai. 2020. Decreto 10.344/2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10344. Acesso em: 20 fev. 2021.
- BRASIL. Ministério da Economia. Ofício circular SEI 1247/ME. Brasília, DF: Ministério da Economia, 14 abr. 2020. Assunto: Orientações Gerais aos Trabalhadores e Empregadores do Setor de Construção Civil em Razão da Pandemia de COVID-19. Disponível em: <https://www.mtb.gov.br>. Acesso em: 20 fev. 2021.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 1: Disposições gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais**. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.mtb.gov.br>. Acesso em: 20 fev. 2021.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 4: Serviços Especializados em Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT)**. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.mtb.gov.br>. Acesso em: 20 fev. 2021.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 5: Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA)**. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.mtb.gov.br>. Acesso em: 20 fev. 2021.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 6: Equipamentos de Proteção Individual (EPI)**. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.mtb.gov.br>. Acesso em: 20 fev. 2021.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 10:** Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.mtb.gov.br>. Acesso em: 20 fev. 2021.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 11:** Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.mtb.gov.br>. Acesso em: 20 fev. 2021.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 12:** Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.mtb.gov.br>. Acesso em: 20 fev. 2021.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 15:** Atividades e Operações Insalubres. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.mtb.gov.br>. Acesso em: 20 fev. 2021.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 18:** Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.mtb.gov.br>. Acesso em: 20 fev. 2021.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 33:** Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.mtb.gov.br>. Acesso em: 20 fev. 2021.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 35:** Trabalho em Altura. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.mtb.gov.br>. Acesso em: 20 fev. 2021.

BRASIL, Ministério do Trabalho. **Dados da inspeção em saúde e segurança no trabalho 2010.** Disponível em: http://www.mtb.gov.br/seg_sau/est_brasil_acumulado_2010. Acesso em: 20 fev. 2021.

BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF, Presidência da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 19 nov. 2022.

BRIDI, M. E. Protocolo de avaliação de práticas de gestão da segurança e saúde no trabalho no setor da construção civil. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

BRIOSO, X.; HUMERO, A.; CALAMPA, S. Comparing Point-to-point Precedence Relations and Location-Based Management System in Last Planner System: A housing project of highly repetitive processes case study. **Science Direct - Procedia Engineering**. [s.l.], n. 164, p.12–19, 2016.

BROWN, K. Workspace safety: a call for research. **Journal of operations management**. [s.l.], v. 14, p. 157-171, 1996.

BRUIN, Y. B., LEQUARRE, A. S., MCCOURT, J., CLEVESTIG, P., PIGAZZANI, F., JEDDI, M. Z., GOULART, M. Initial impacts of global risk mitigation measures taken during the combatting of the COVID-19 pandemic. **Safety Science**. [s.l.], n.104773, 2020.

BSISU, K. A. D. The impact of COVID-19 pandemic on Jordanian civil engineers and construction industry. **International Journal of Engineering Research and Technology**. Amman, Jordan, v. 13, n. 5, p. 828–830, 2020.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **A produtividade da construção civil brasileira**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/estudos-especificos-da-construcao-civil/produtividade-da-construcao-civil-brasileira>. Acesso em: 16 jul. 2021.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **A pandemia do Coronavírus: Recomendações para o ambiente de trabalho na indústria da construção**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://cbic.org.br/covid-19-cbic-faz-recomendacoes-sobre-ambiente-de-trabalho-no-setor/>. Acesso em: 16 jul. 2021.

- CAMBRAIA, F. B. Gestão integrada entre segurança e produção: refinamentos em um modelo para planejamento e controle. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- CAMBRAIA, F. B.; SAURIN, T. FORMOSO, C. T. Identification, analysis and dissemination of information on near misses: A case study in the construction industry. **Safety Science**. [s.l.], v. 48, p. 91-99, 2010.
- CÂNDIDO, L. F. Análise de sistemas de medição de desempenho na construção civil: oportunidades de melhoria a partir da literatura e da experiência de construtoras cearenses. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.
- CELLARD, A. A Análise documental. In: POUPART, J. et al. (org.). **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010, p. 295-316.
- CHIZZOTI, A. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2011.
- CODINHOTO, R. et al. Análise de restrições: definição e indicador de desempenho. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2003, São Carlos, SP. **Anais [...]**. São Carlos, SP, 2003.
- COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2005.
- CONTE, A. Last planner, look ahead, PPC: a driver to the site operations. In: 6TH ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC-6), 1998, Guarujá, Sao Paulo, **Anais [...]** Guarujá, Sao Paulo, 1998.
- CRAVEIRO, F. et al. Additive manufacturing as an enabling technology for digital construction: A perspective on Construction 4.0. **Automation in Construction**. Lisboa, Portugal, v. 103, n. April, p. 251-267, 2019.
- CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- DANEL, T.; LAFHAJ, Z.; PUPPALA, A.; LIENARD, S.; RICHARD, P. Proposal for tower crane productivity indicators based on data analysis in the era of Construction 4.0. **Buildings**. [s.l.], v. 11, n. 21, 2021.
- DANIEL, E. I. et al. The relationship between the last planner system and collaborative planning practice in UK construction. **Engineering, Construction and Architectural Management**. [s.l.], v. 24, n.3, p. 407-425, 2017.
- DIAS, L. M.; COBLE, R. **Construction safety coordination in the European Union**. CIB publication - W99, Lisbon, Portugal, 1999.
- DLESK, A. et al. Analysis of Possibilities of Low-Cost Photogrammetry For Interior Mapping. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. [s.l.], v. 42, n. 5/W3, 2019.
- DUFF, R. Behaviour measurement for continuous improvement in construction safety and quality. In: COBLE, R.; HINZE, J.; HAUPT, T. (ed.) **The Management of Construction safety and health**. Rotterdam: AA. Balkema; Brokfield, 2000, p. 1-18.
- ESA, M. B.; IBRAHIM, F. S. B.; KAMAL, E. B. M. Covid-19 Pandemic Lockdown: The Consequences Towards Project Success in Malaysian Construction Industry. **Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal**. University Sains Malaysia, Gelugor, v. 5, n. 5, p. 973-983, 2020.

- FERREIRA, L. B.; TORRECILHA, N.; MACHADO, S. H. S. A técnica de observação em estudos administrativos. *In: ENCONTRO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO*, 36, 2012, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro, RJ: ANPAD, 2012.
- FORCAEL, E. et al. Construction 4.0: A literature review. **Sustainability (Switzerland)**. [s.l.], v. 12, n. 22, p. 1–28, 2020.
- FORMOSO, C. T.; BERNARDES, M. M. S.; ALVES, T. C. L.; OLIVEIRA, K. A. **Planejamento e Controle da produção em empresas de construção**. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
- FORMOSO, C. T.; BERNARDES, M. M. S.; OLIVEIRA, L. F. M.; OLIVEIRA, K. A. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. São Paulo: SINDUSCON/SP, 1999.
- FORTALEZA. Decreto nº 33.608, de 30 de maio de 2020. Dispõe sobre o isolamento social e as medidas de controle e enfrentamento à COVID-19 no Estado do Ceará. Diário Oficial do Estado: série 3, Fortaleza, CE, ano 12, n.110, p.1-11, 30 mai. 2020. Decreto 33.608/2020. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/wp-content/uploads/2020/05/DECRETO-N%C2%BA33.608-de-30-de-maio-de-2020.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2021.
- FORTALEZA. Decreto nº 33.700, de 1 de agosto de 2020. Dispõe sobre a prorrogação do isolamento social e outras medidas de controle e enfrentamento à COVID-19 no Estado do Ceará. Diário Oficial do Estado: série 3, Fortaleza, CE, ano 12, n.166, p.1-20, 1 ago. 2020. Decreto 33.700/2020. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/wp-content/uploads/2020/09/Decreto-33.700-01-de-agosto.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2021.
- GROSSKOPF, G. G.; HERDEN, Y. S.; SILVA, R. F. T.; MARCHIORI, F. F. A fotografia 360 graus como ferramenta de suporte à modelagem de "as built". **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**. Campinas, SP, 2019. Disponível em: <http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc>. Acesso em: 22 ago. 2022. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8653839>.
- GUO, B. H. W.; SCHEEPBOUWER, T. W.; GONZALEZ, V. A. Overview and analysis of digital technologies for construction safety management. *In: AUSTRALASIAN UNIVERSITIES BUILDING EDUCATION ASSOCIATION CONFERENCE*. Melbourne: M. Lamb. (ed.), 2017. Disponível em: <http://https://ir.canterbury.ac.nz/handle/10092/14583>. Acesso em: 10 jun. 2022.
- HAMZEH, F.; ARIDI, O. Z. Modeling the last planner system metrics: a case study of an aec company Week. *In: 21ST ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC-21)*, 2013, Fortaleza, Brazil. **Anais [...]**. Fortaleza, Brazil, 2013. Disponível em: <https://bit.ly/2L5B1YN>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- HAMZEH, Farook; BALLARD, Glenn; TOMMELEIN, Iris D. Rethinking Lookahead Planning to Optimize Construction Workflow. **Lean Construction Journal**. [s. l.], p.15–34, 2012. Disponível em: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- HARPER, R.; KOEHN, E. Managing industrial construction safety in southeast Texas. **Journal of Construction Engineering and Management**. [s.l.], v. 124, n. 6, p. 452-457, 1998.
- HASLAM, R. A. et al. Contributing factors in construction accidents. **Applied Ergonomics**, Loughborough, Leicestershire, v. 36, n. 4, p. 401-416, 2005.
- HASLAM, U.; KOHLER, N. Resilience in the built environment. **Building Research & Information**. [s.l.], v. 42, n. 2, p. 119-129, 2014.

HERMAWAN, S.; LEMAN, S. Implementation Photography as a Media and Supports in Construction Era 4.0 at the Civil Engineering for the Construction Design to Face Tidal Floods Due to Global Warming. *In: Journal of Physics: Conference Series*, 2020, Yogyakarta, Indonesia. **Anais [...]**, Yogyakarta, Indonesia, v. 1625, 2020. DOI: 10.1088/1742-6596/1625/1/012058.

HINZE, J. **Making zero injuries a reality**. Gainesville: University of Florida: 2002, 110 p. (CII, Report 160).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 45001** - Occupational health and safety management systems - Requirements for guidance use. 1. ed. Geneva, 2018.

JACOMIT, A. M. Modelo para incorporação do custeio-meta ao processo de desenvolvimento de produtos em edificações. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

JAHANGER, Q. K.; LOUIS, J.; PESTANA, C.; TREJO, D. Potential positive impacts of digitalization of construction-phase information management for projects owners. **Journal of Inf. Tech.** *In: Constr. ITcon*, v. 26, 2021.

KERN, A. P. Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

KIM, S.; IRIZARRY, J. Exploratory Study on Factors Influencing UAS Performance on Highway Construction Projects: as the Case of Safety Monitoring Systems. *In: Conference on Autonomous and Robotic Construction of Infrastructure*, 2015, Ames. **Proceedings [...]**. Ames: Iowa State University, 2015.

KLEIN, S. B.; et al. As diferentes abordagens epistemológicas no uso dos cinco tipos de triangulação. *In: ENCONTRO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO*, 42., 2018, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ANPAD, 2018.

KOSKELA, L. An exploration towards a production theory and its application to construction. 2000. Thesis. (Doctor of Technology), Technical Research Centre of Filand – VTT. Helsinki, 2000.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. **Center for Integrated Facility Engineering**. [s. l.], v. 72, p. 1–81, 1992. Disponível em: <https://goo.gl/3yNAkB>. Acesso em: 22 ago. 2022.

KOSKELA, L. Management of production in construction: a theoretical view. *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 7, 1999, Berkeley. **Proceedings [...]**. Berkeley: IGLC, 1999.

LANTELME, E. M. V. Proposta de um sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil. 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**. [s.l.], v. 5, n. 3, p. 243–266, 1987.

LEÃO, C. F. Proposta de modelo para controle integrado da produção e da qualidade utilizando tecnologia de informação. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

LEKAN, A.; CLINTON, A.; JAMES, O. The disruptive adaptations of construction 4.0 and industry 4.0 as a pathway to a sustainable innovation and inclusive industrial technological development. **Buildings**, Johannesburg, South Africa, v. 11, n. 3, p. 1–28, 2021.

- LIMA, M. I. Recomendações para a integração do monitoramento de obras com VANT para a melhoria contínua do planejamento e controle da segurança. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2021.
- LOS ANGELES. **L.A. Building and Safety announcement**, n. 5, revised april, 15, 2020. COVID-19 safety guidance for construction sites. 2020.
- LUKKA, K. The constructive research approach. Case study research in logistics. **Turku School of Economics and Business Administration**, [s.l.], serie B, v. 1, n. 2003, p. 83-101, 2003.
- MACKENZIE, J. et al. Communication: the key to designing safely. *In: INTERNATIONAL CONGRESS ON DESIGNING FOR SAFETY*. 1. 2000, London. **Proceedings** [...]. London, Loughborough University, 2000.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. [s.l.] Atlas, 2010.
- MECHTCHERINE, V. et al. Novel carbon-fiber reinforcement for concrete 3D printing and other methods digital construction [Neue Carbonfaserbewehrung für Beton-3D-Druck und andere Verfahren Digitales Bauen]. **Betonwerk und Fertigteil-Technik/Concrete Plant and Precast Technology**. [s.l.], v. 86, n. 2, p. 78–80, 2020.
- MELO, R. R. S.; COSTA, D. B. Integrating resilience engineering and UAS technology into construction safety planning and control. **Engineering, Construction and Architectural Management**. Salvador, BA, v. 26, n.11, p. 2705-2722, 2019.
- MITROPOULOS, P.; CUPIDO, G. The hole of production and teamwork practices in construction safety: A cognitive model and empirical case study. **Journal of Safety Research**. [s.l.], v. 40, p. 265-275, 2009.
- MORGAN, D.L. **Focus Groups as Qualitative Research**. Londres: SAGE Publications, 1997.
- MUIANGA, E. A. D.; GRANJA, A. D.; RUIZ, J. A. Desvios de custos e prazos em empreendimentos da construção civil: categorização e fatores de influência. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, RS, v. 15, n. 1, p. 79-97, 2015.
- NASCIMENTO, L. A. DO; SANTOS, E. T. A indústria da construção na era da informação. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, RS, v. 3, n. 1, p. 69–81, 2003.
- OESTERREICH, T.D.; TEUTEBERG, F. Understanding the implications of digitisation and automation in the contexto of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. **Comput. Ind.** [s.l.], n. 83, p. 121–139, 2016.
- OLIVIERI, H. et al. Survey Comparing Critical Path Method, Last Planner System, and Location-Based Techniques. **J. Constr. Eng. Managem.** [s.l.], v. 145, n. 12: 04019077, 2019.
- PATRIARCA, R. et al. Resilience engineering: Current status of the research and future challenges. **Safety Science**, [s.l.], v. 102, n. December 2016, p. 79–100, 2018.
- RAOUIFI, M.; FAYEK, A. R. Identifying Actions to Control and Mitigate the Effects of the COVID-19 Pandemic on Construction Organizations: Preliminary Findings. **Public Works Management and Policy**, Alberta, Edmonton, v. 26, n. 1, p. 47–55, 2021.
- RATAJCZAK, J.; RIEDL, M.; MATT, D. T. BIM-based and AR application combined with location-based management system for the improvement of the construction performance. **Buildings** [...]. [s.l.], v. 9, n. 5, 2019.
- RAZURI, C. Un sistema integrado de gestión de producción y seguridad en la construcción. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciencias de la Ingeniería) - Escuela de Ingeniería, Universidad Católica de

Chile. Santiago, Chile, 2007.

RICHARDSON, R. J.; PERES, J. A. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. Rio de Janeiro: Atlas, São Paulo, 2011.

ROCHA, G. S. Proposta de refinamento de modelo de controle integrado da produção e qualidade com o uso de dispositivos móveis. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

RODRIGUES, F.; ANTUNES, F.; MATOS, R. Safety plugins for risks prevention through design resourcing BIM. **Construction Innovation**. [s.l.], v. 21, n. 2, p. 244–258, 2020.

SAN FRANCISCO. **Order of the healthy officer**, nº C19-07c, revised april, 29, 2020. Departament of Public Health. 2020.

SAURIN, T. A. Segurança e produção: um modelo para planejamento e controle integrado. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T.; CAMBRAIA, F. B. Analysis of a safety planning and control model from the human error perspective. **Engineering, Construction and Architectural Management**. [s.l.], v. 12, n. 3, p. 283–298, 2005.

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T.; GUIMARAES, L. B. M. Safety and production: An integrated planning and control model. *In*: 10TH ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC-10), 2002, Gramado, Brazil. **Anais [...]**. Gramado, Brazil, 2002. Disponível em: <https://bit.ly/2IoNV6B>. Acesso em: 12 dez. 2021.

SCHÖNBECK, P.; LÖFSJÖGÅRD, M.; ANSELL, A. Quantitative review of Construction 4.0 technology presence in construction project research. **Buildings [...]**. [s.l.], v. 10, n. 173, 2020.

SEPASGOZAR, S. M. E.; DAVIS, S. Digital construction technology and job-site equipment demonstration: Modelling relationship strategies for technology adoption. **Buildings [...]**. [s.l.], v. 9, n. 7, 2019.

SINDICATO DA INDÚSTRIA CONSTRUÇÃO CIVIL DO CEARÁ. **Orientações para a retomada do setor da construção civil em razão da pandemia da COVID-19**. Fortaleza, CE, 2020.

STILES, S., GOLIGHTLY, D., RYAN, B. Impact of COVID-19 on health and safety in the construction sector. **Wiley periodicals LLC: Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries**. Newcastle, Nottingham, p. 1-13, 2021.

SURAJI, A.; DUFF, R.; PECKITT, S. Development of casual model of construction accident causation. *Journal of Construction Engineering and Management*. [s.l.], v. 127, n. 4, p. 337-344, july/aug 2001.

TAY, Y. W. D. et al. **3D printing trends in building and construction industry: a review** Virtual and Physical Prototyping, 2017.

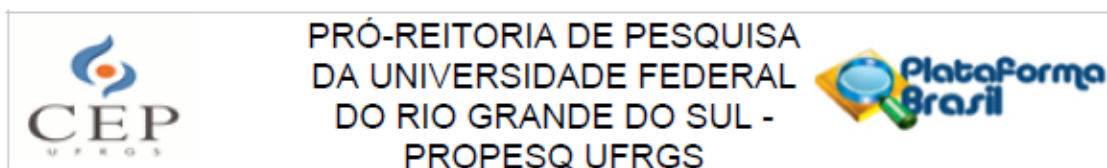
TEICHOLZ, P. Productivity trends in the construction industry. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND SYMBOLIC COMPUTATION, 5, 2000. Madrid. **Proceedings [...]**. Madrid, University Complutense of Madrid, 2000.

TEIZER, J. Status quo and open challenges in vision-based sensing and tracking of temporary resources on infrastructure construction sites. **Advanced Engineering Informatics**, [s.l.], v. 29, p. 225-238, 2015.

THOMASSEN, M. A. **The economic organization and coordination in interfirm relations**. Lyngby: The Technical University of Denmark, 2004. Originalmente apresentada como tese de doutorado, The Technical University of Denmark, 2004.

- TOLEDO, R. et al. A difusão de inovações tecnológicas na indústria da construção civil. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 8, 2000, Bahia. **Anais [...]**. Bahia: ANTAC, 2000.
- TONETTO, M. S. et al. **Controle da propagação da COVID-19 em canteiros de obras: principais medidas e desafios da construção civil frente à pandemia**. Porto Alegre: UFRGS, 2021, E-book.
- VAN AKEN, J. E. Design Science: Valid Knowledge for Socio-technical System Design. M. Helfert; B. Donnellan (ed.), *In: EDSS 2012*, Eindhoven University of Technology, 2013, p. 1–13.
- VAN AKEN, J. E. Management research as a design science: Articulating the research products of mode 2 knowledge production in management. **British Journal of Management**. [s.l.], v. 16, n. 1, p. 19–36, 2005.
- VARGAS, F. B.; FORMOSO, C. T. Método para planejamento e controle da produção baseado em zonas de trabalho com o apoio de BIM. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 129–151, 2020.
- VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 8. ed. São Paulo, SP. Atlas, 2007.
- WEN, J.; GHEISARI, M. Using virtual reality to facilitate communication in the AEC domain: a systematic review. **Construction Innovation**. [s.l.], v. 20, n. 3, 2020.
- WIDYATMOKO, I. Digital transformation to improve quality, efficiency and safety in construction of roads incorporating recycled materials. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. [s.l.], v. 599, n. 1, 2020.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- YIN, R. K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2016.
- ZHENG, L.; CHEN, K.; MA, L. Knowledge, Attitudes, and Practices Toward COVID-19 Among Construction Industry Practitioners in China. **Frontiers in Public Health**. [s.l.], v. 8, n. January, p. 1–9, 2021.

ANEXO 1 – PARECER DE APROVAÇÃO DE PROJETO EM CEP


PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Controle da propagação do vírus SARS-CoV-2 em canteiros de obras com base em ações de segurança e saúde do trabalho e planejamento e controle da produção baseado em localização

Pesquisador: Carlos Torres Formoso

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 45035121.1.0000.5347

Instituição Proponente: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.694.255

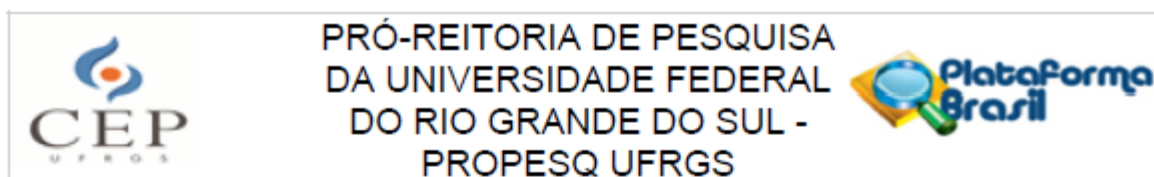
Apresentação do Projeto:

O projeto coordenado pelo Prof. Dr. Carlos Torres Formoso, enfoca "as novas medidas de Saúde e Segurança do Trabalho (SST) nos canteiros de obras, tais como monitoramento de temperatura corporal, restrição de distância entre trabalhadores, uso de máscaras e álcool em gel, entre outras." Apontando "oportunidade para o uso de conceitos e ferramentas de planejamento que poderiam melhorar o desempenho do setor, assim como facilitar a gestão de restrições de distanciamento social que provavelmente serão necessárias ainda por um longo período."

O projeto é apresentado dividido em 4 subprojetos. Os pesquisadores relatam que primeiro será executado o Suprojeto 1, o qual segundo eles "consiste em diagnóstico em uma amostra de obras de Porto Alegre, Passo Fundo, Salvador e Fortaleza e suas regiões metropolitanas, buscando entender a situação do setor e as principais dificuldades enfrentadas pelas empresas para aplicar medidas preventivas à contaminação pelo vírus SARS-CoV-2". Nesta etapa na coleta de dados haverá contato com pessoas, por meio de entrevistas e visitas a canteiros de obras. Segundo descrito no projeto de pesquisa espera-se fazer o diagnóstico em 50 obras.

A etapa seguinte denominada Subprojeto 2, é caracterizada pelo "estudo e aplicação de princípios da Engenharia de Resiliência que podem ser utilizados para gerenciar restrições de contato social e implementação de medidas de segurança e saúde do trabalho (SST) em canteiros de obras, considerando o alto grau de variabilidade envolvido." Isto será realizado através de entrevistas

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 311 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-080
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br



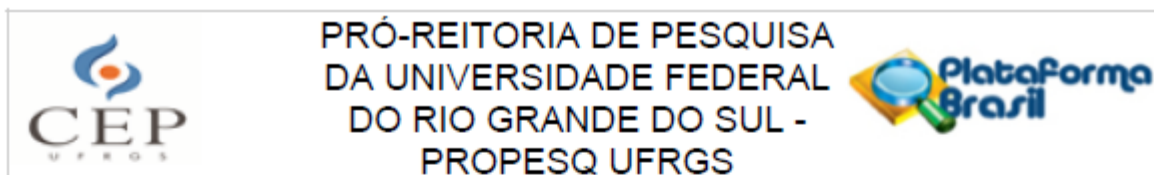
Continuação do Parecer: 4.694.255

semiestruturadas e visitas a obras.

Na etapa seguinte, Subprojeto 3, os autores relatam que serão propostas ferramentas de controle com o apoio de tecnologias digitais e planejamento e controle com base na localização. Os autores apontam que "diversas soluções digitais podem ser utilizadas para apoiar o planejamento e controle da produção e a gestão da segurança e saúde no trabalho, tais como a Simulação de Eventos Discretos, veículos aéreos não tripulados (drones), plataformas virtuais para apoiar a gestão colaborativa, smart phones e tablets, introduzindo um certo grau de automação no controle da produção, considerando a variabilidade existente." Descrevem ainda que: "os meios adotados para tal integração baseiam-se em tecnologias existentes, tais como: softwares de planejamento e controle da produção e BIM, computação móvel e câmeras 360°. Nesta pesquisa, estes dispositivos irão focar nos elementos da construção, ou seja, busca-se acompanhar o avanço das obras e apoiar o Planejamento e Controle da Produção em vistas aos objetivos almejados. Logo, apesar do foco ser em promover o distanciamento social, a adoção de tecnologias não visa o monitoramento das pessoas. Esta etapa possui uma forte característica de observação e análise dos dados, enquanto as empresas envolvidas são os agentes responsáveis pela implementação." Nesta etapa são previstos 5 estudos de caso.

Os pesquisadores relatam que "primeiramente será feito realizado uma entrevista semiestruturada com o gerente da obra e o engenheiro de planejamento de cada obra. A partir deste diagnóstico, os pesquisadores, em conjunto com a equipe da empresa, irão propor um plano de implementação para a integração das tecnologias digitais ao sistema de planejamento e controle da produção baseado em localização." Posteriormente "ao longo da implementação serão realizadas 12 observações participantes e diretas, sendo estas a cada 2 semanas em reuniões de planejamento e em visitas ao canteiro de obras." Para a etapa final, Subprojeto 4, "serão integrados os conceitos de trabalho padronizado ao planejamento e controle baseado em localização." Segundo os autores o desenvolvimento da etapa parte "da compreensão dos processos críticos em canteiro de obra, o próximo passo é o conhecimento detalhado do conteúdo do trabalho realizado por cada trabalhador que executa esses processos críticos. Busca-se com essas observações, identificar as tarefas de agregação de valor, auxiliares e não agregadoras de valor e propor a empresa um processo de execução padrão para essas atividades que melhore a segurança e as condições de trabalho, além de atualizar o planejamento e orçamento da empresa. Para isso, serão realizadas entrevistas semiestruturadas com 4 operários que executam essas atividades em cada obra e 10 visitas às instalações dos canteiros de obra de cada uma das 5 empresas para observações diretas e participativas.

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 311 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-080
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 4.694.255

Segundo os pesquisadores os subprojetos 2, 3 e 4 são entendidos como estudo de caso "realizados em parceria com empresas de construção ou contratantes de obra."

Os pesquisadores apontam que ao total, entre as etapas 2, 3 e 4 espera-se realizar 15 estudo de caso.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo primário da pesquisa é o desenvolvimento de protocolos para controlar a propagação de COVID-19 em canteiros de obras apoiado em medidas de Saúde e Segurança do Trabalho e Planejamento e Controle da Produção baseado em localização. Entre as medidas de segurança do trabalho estão incluídas o atendimento eficaz das restrições definidas pelo poder público, particularmente as municipalidades e de diretrizes estabelecidas por entidades setoriais ou em estudos acadêmicos. A implementação destes protocolos assim como o seu controle serão apoiados por tecnologias digitais

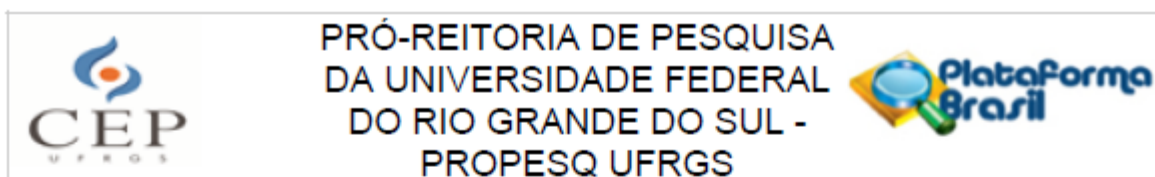
Os objetivos secundários foram apresentados em relação a cada subprojeto:

Subprojeto 1: diagnóstico de uma amostra de obras das cidades de Porto Alegre, Passo Fundo, Salvador e Fortaleza e suas regiões metropolitanas para avaliar dificuldades de implementar restrições referentes ao distanciamento social e demais medidas de SST, estabelecidas pelo poder público ou recomendados por entidades setoriais e estudos acadêmicos. Subprojeto 2: estudo e aplicação de princípios da Engenharia de Resiliência que podem ser utilizados para gerenciar restrições de contato social e implementação de medidas de SST em canteiros de obras, considerando o alto grau de variabilidade envolvido. Subprojeto 3: (a) integrar tecnologias digitais ao planejamento e controle da produção baseado em localização para automatizar o monitoramento das atividades; (b) propor requisitos básicos e diretrizes para a implementação de tecnologias digitais em empresas de construção. Subprojeto 4: propor um método que integre o trabalho padronizado ao planejamento e controle baseado em localização.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Nos TCLEs e no Formulário da Plataforma Brasil está descrito que "poderá haver algum desconforto ou aborrecimento dos entrevistados pelo tempo necessário para participar de cada etapa, além disso, poderá haver algum desconforto ou constrangimento ao responder perguntas sobre a rotina de trabalho. A confidencialidade e privacidade do participante são questões preconizadas no desenvolvimento desta pesquisa. No entanto, considerando que serão entrevistados diferentes

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 311 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-080
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 4.694.255

usuários da construção civil, é importante ressaltar que informações e fatos que possam expor a identidade dos entrevistados serão evitadas, pois existe a possibilidade de constrangimento e o risco da quebra de sigilo, mesmo que não intencional e involuntário.”

Quanto aos benefícios os autores apontam benefícios indiretos, reflexos de melhoria das condições da construção civil de maneira geral.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O estudo envolve um tema bastante importante para a sociedade atualmente que são as medidas de prevenção da propagação do vírus SARS-CoV-2 e num contexto ainda pouco assistido, os canteiros de obra da construção civil. Encarar as medidas sanitárias junto ao gerenciamento e a Saúde e Segurança do Trabalho (SST) pode contribuir efetivamente para um setor importante da economia. Quanto à estrutura o trabalho está adequado, sendo o projeto bem redigido, e o formulário da Plataforma Brasil contendo todos os itens necessários à compreensão da pesquisa de uma forma geral, inclusive a previsão resultados práticos, contribuições para o avanço do conhecimento e produção científica.

Os procedimentos metodológicos de cada etapa são descritos de forma clara e objetiva, o que permite a compreensão de como será realizada cada etapa da pesquisa.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Entre os documentos anexados para apreciação estão:

- Folha de rosto adequada.
- Projeto de Pesquisa com todos os elementos necessários para a compreensão do estudo.
- A redação dos TCLEs estão adequados.
- O formulário da Plataforma Brasil está adequado.
- Cronograma adequado até o momento.

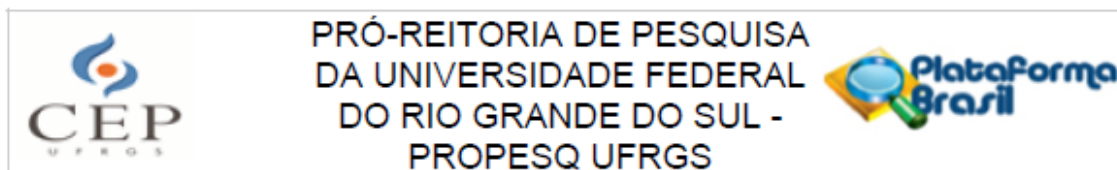
Recomendações:

Aconselhamos que em emendas futuras escreva-se uma carta de esclarecimento ao CEP relatando as modificações realizadas a partir das pendências.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

1. Esclarecer como serão contatados os entrevistados para o Subprojeto 1, 2, 3 e 4. Serão as mesmas em todas as etapas ou não? – PENDÊNCIA ATENDIDA

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 311 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-080
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 4.694.255

2. Apresentar o roteiro das entrevistas semiestruturadas do Subprojeto 1, 2, 3 e 4. – PENDÊNCIA ATENDIDA
3. Apresentar os protocolos de visitas a canteiros de obra – PENDÊNCIA ATENDIDA
4. Relatar o protocolo de observação-participante para o Subprojeto 3. – PENDÊNCIA ATENDIDA
5. No TCLE do subprojeto 4, considerar o uso de linguagem mais acessível aos participantes da pesquisa (operários de obra). – PENDÊNCIA ATENDIDA
6. Para maior esclarecimento nos TCLEs adicionar o seguinte texto.
"O projeto foi avaliado pelo CEP-UFRGS, órgão colegiado, de caráter consultivo, deliberativo e educativo, cuja finalidade é avaliar – emitir parecer e acompanhar os projetos de pesquisa envolvendo seres humanos, em seus aspectos éticos e metodológicos, realizados no âmbito da instituição. Você pode entrar em contato com o CEP-UFRGS no endereço Av. Paulo Gama, 110, Sala 311, Prédio Anexo I da Reitoria, Campus Centro, Porto Alegre/RS, CEP 90040-060, telefone +55 51 3308 3738, e-mail: etica@propesq.ufrgs.br. Horário de funcionamento de segunda a sexta, das 08:00 às 12:00 e das 13:00 às 17:00h. Ao longo da pandemia de Covid-19 dúvidas serão esclarecidas por email". – PENDÊNCIA ATENDIDA
7. Apresentar o modelo de carta de anuência das construtoras cujas obras serão visitadas. – PENDÊNCIA ATENDIDA
8. Preencher de maneira clara o item "Metodologia de Análise de Dados". – PENDÊNCIA ATENDIDA
9. Preencher o item de desfecho primário. – PENDÊNCIA ATENDIDA
10. No site da UFRGS consta a notícia de que a pesquisa estaria em andamento (<http://www.ufrgs.br/ufrgs/noticias/prevencao-contr-a-covid-19-nos-canteiros-de-obras>). Ressalta-se que o CEP não avalia projetos com etapas que envolvam participantes já em andamento. Pede-se esclarecimentos. – PENDÊNCIA ATENDIDA

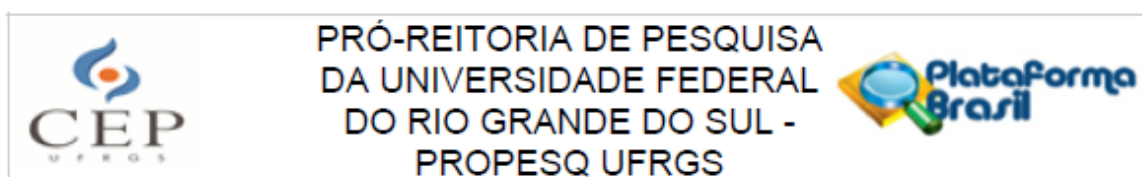
Considerações Finais a critério do CEP:

Aprovado.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1700973.pdf	28/04/2021 22:39:19		Aceito
Outros	Carta_de_esclarecimento_ao_CEP_46	28/04/2021	MIRELA SCHRAMM	Aceito

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 311 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
 Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
 UF: RS Município: PORTO ALEGRE
 Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br



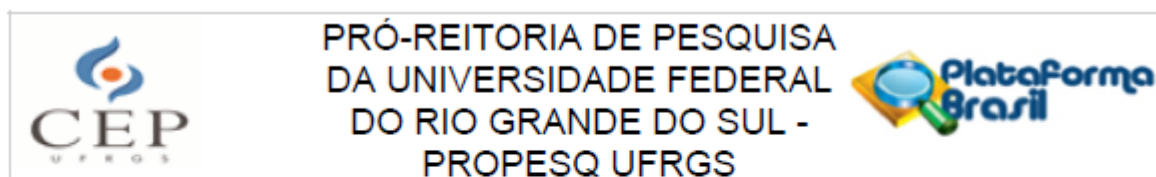
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL -
PROPESQ UFRGS

Continuação do Parecer: 4.694.255

Outros	64152.pdf	22:38:07	TONETTO	Aceito
Outros	0_Protocolos_de_visitas_a_canteiros_d e obra_Subprojetos_1_2_e_4.pdf	28/04/2021 22:36:37	MIRELA SCHRAMM TONETTO	Aceito
Outros	0_Carta_de_anuencia_para_visita_ao_c anteiro_de_obra_Subprojetos_1_2_e_4. pdf	28/04/2021 22:35:17	MIRELA SCHRAMM TONETTO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	4_TCLE_Subprojeto4_Rev1.pdf	28/04/2021 22:33:36	MIRELA SCHRAMM TONETTO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	4_PlanoTrabalhoSubprojeto4_Planejam entoBaseadoEmLocalizacaoETrabalhoP adronizado_Rev1.pdf	28/04/2021 22:33:16	MIRELA SCHRAMM TONETTO	Aceito
Outros	3_Protocolo_de_observacao_participant e_Subprojeto3.pdf	28/04/2021 22:32:39	MIRELA SCHRAMM TONETTO	Aceito
Outros	3_Carta_de_anuencia_para_observacao participante_Subprojeto3.pdf	28/04/2021 22:30:45	MIRELA SCHRAMM TONETTO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	3_TCLE_Subprojeto3_Rev1.pdf	28/04/2021 22:29:26	MIRELA SCHRAMM TONETTO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	3_PlanoTrabalhoSubprojeto3_Tecnologi as_Rev1.pdf	28/04/2021 22:29:04	MIRELA SCHRAMM TONETTO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	2_TCLE_Subprojeto2_Rev1.pdf	28/04/2021 22:28:44	MIRELA SCHRAMM TONETTO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	2_PlanoTrabalhoSubprojeto2_EngResili encia_Rev1.pdf	28/04/2021 22:28:32	MIRELA SCHRAMM TONETTO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	1_TCLE_Subprojeto1_Rev1.pdf	28/04/2021 22:27:37	MIRELA SCHRAMM TONETTO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	1_PlanoTrabalhoSubprojeto1_Diagnosti co_Rev1.pdf	28/04/2021 22:26:42	MIRELA SCHRAMM TONETTO	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_Assinada.pdf	25/03/2021 20:38:32	MIRELA SCHRAMM TONETTO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	0_Projeto_De_Pesquisa.pdf	21/03/2021 16:33:00	MIRELA SCHRAMM TONETTO	Aceito

Situação do Parecer:

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 311 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha CEP: 90.040-060
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 Fax: (51)3308-4085 E-mail: etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 4.694.255

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

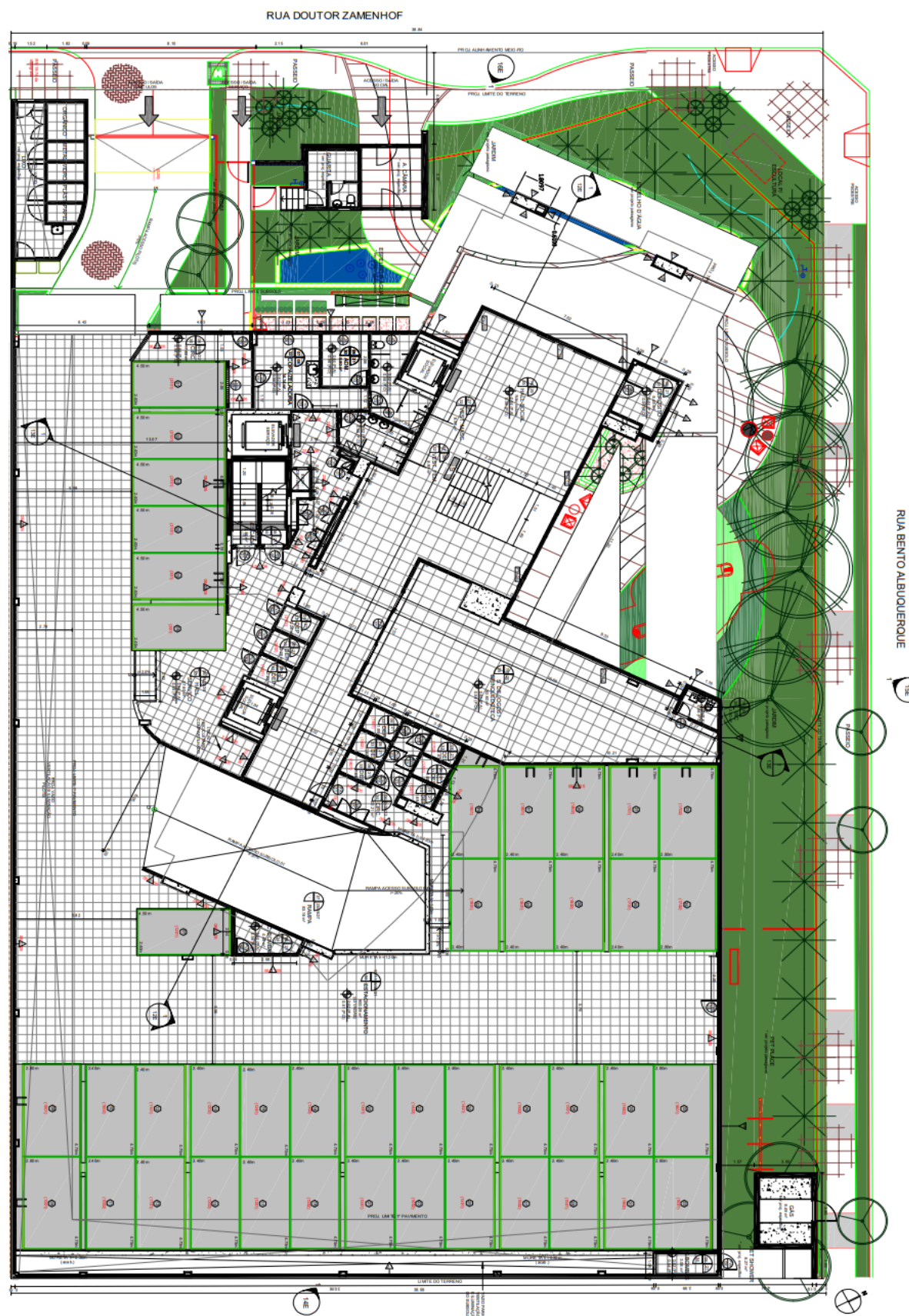
Não

PORTO ALEGRE, 05 de Maio de 2021

Assinado por:
Patrícia Daniela Melchiors Angst
(Coordenador(a))

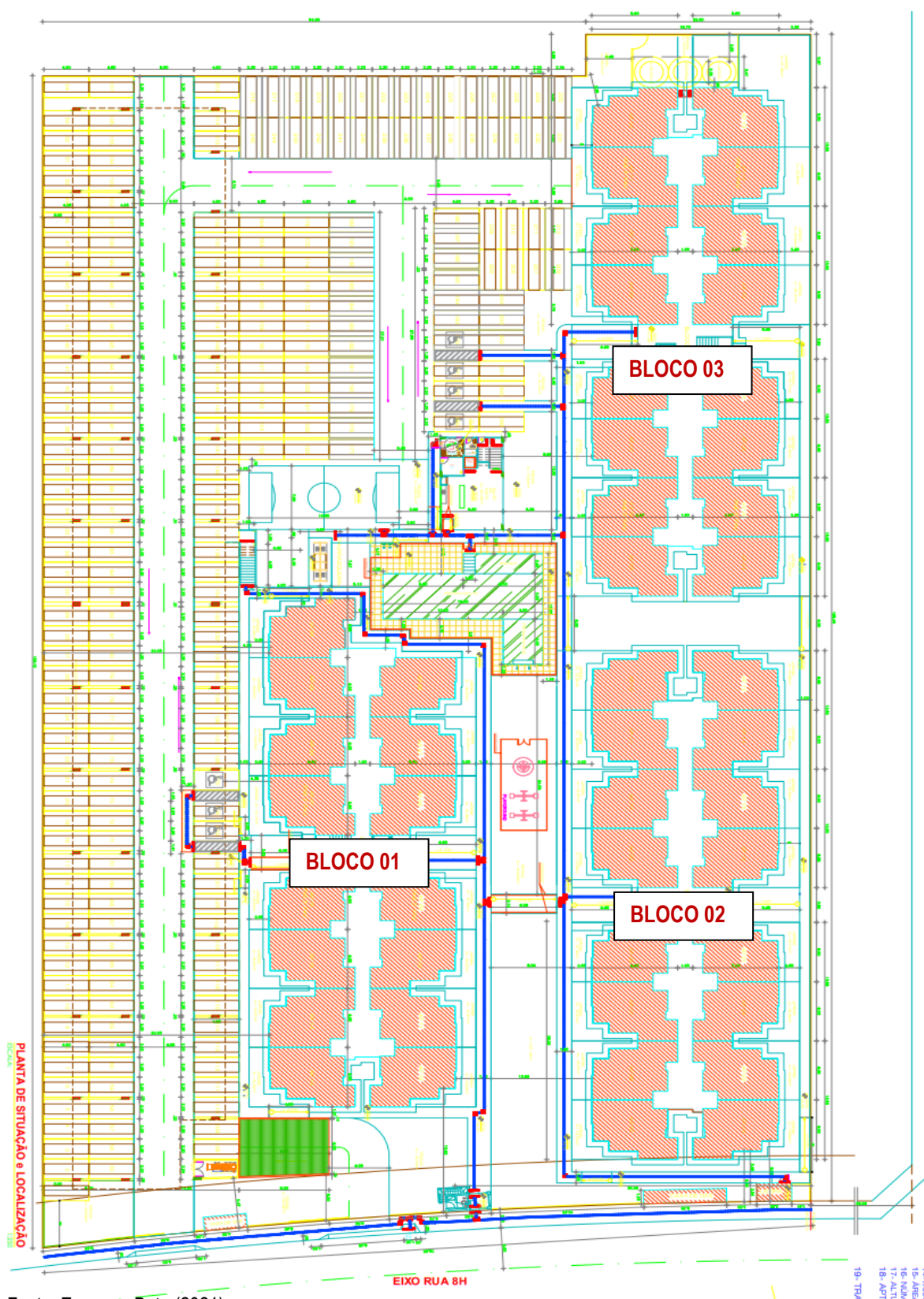
Fonte: NORIE, UFRGS (2021).

ANEXO 2 – PLANTA DE IMPLANTAÇÃO DA OBRA ESTUDADA NA EMPRESA ALFA



Fonte: Empresa Alfa (2021).

ANEXO 3 – PLANTA DE IMPLANTAÇÃO DA OBRA ESTUDADA NA EMPRESA BETA



Fonte: Empresa Beta (2021).

ANEXO 4 – EXEMPLO DE LISTA DE CAUSAS USUAIS PARA A FALTA DE SEGURANÇA

EPI

1. Falta de fornecimento de EPI
2. Uso incorreto de EPI
3. Falta de uso do EPI

Programação de compra de proteções coletivas e individuais

4. Falta de programação de compra de proteção coletiva ou individual
5. Falta de programação de mão-de-obra para instalação de proteção coletiva
6. Atraso na entrega de proteção coletiva ou individual

Planejamento

7. Má especificação de riscos e medidas preventivas
8. Risco não identificado
9. Falha de planejamento do método executivo
10. Falha de planejamento para implantação de proteção coletiva
11. Falha no planejamento ou execução da tarefa antecedente
12. Interferência do cliente externo
13. Interferência entre atividades

Treinamento

14. Falta de programação de treinamento
15. Treinamento ineficaz

Equipamentos e ferramentas

16. Operação imprudente de ferramentas ou equipamentos
17. Uso de equipamentos com prazo de manutenção vencido
18. Uso de ferramentas e equipamentos em mau estado de conservação

Outros

19. Trabalhador não habilitado para o serviço
20. Ato inseguro (outros, além da falta de uso do EPI)
21. Falta de implantação ou manutenção de proteção coletiva

Fonte: Saurin (2002).

ANEXO 5 – EXEMPLO DE LISTA PARA CLASSIFICAÇÃO DE ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS

APR cujos riscos nem sempre podem ser claramente associados a pacotes de trabalho específicos	
APR 1	Áreas de vivência
APR 2	Áreas de circulação comuns
APR 3	Equipamentos de transporte vertical
APR 4	Central de armação
APR 5	Central de fôrmas
APR 6	Central de produção de concreto e argamassa
APR cujos riscos sempre podem ser claramente associados a pacotes de trabalho específicos	
APR 7	Movimentações de terra
APR 8	Fundações
APR 9	Muros de arrimo
APR 10	Concretagem
APR 11	Impermeabilização
APR 12	Estrutura metálica
APR 13	Pré-moldados
APR 14	Revestimento de paredes e tetos
APR 15	Instalações
APR 16	Esquadrias
APR 17	Pisos
APR 18	Alvenarias
APR 19	Divisórias leves
APR 20	Gesso acartonado
APR 21	Montagem e trabalho sobre andaimes fachadeiros
APR 22	Demolições
APR 23	Pinturas
APR 24	Soldagem
APR 25	Forros
APR 26	Coberturas
APR 27	Retirada de entulho
APR 28	Montagem de armaduras
APR 29	Montagem de fôrmas
APR 30	Equipamentos de transporte horizontal

Fonte: Saurin (2002).

ANEXO 6 – EXEMPLO DE ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS EM SERVIÇO DE CONCRETAGEM

Logotipo	ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO		APR 010-01
	CONCRETAGEM		Data: 04/08/2001
Principais equipamentos e materiais: Mangueiras de bombeamento, vibradores, pás, giricas, carrinhos-de-mão.			
Atividade	Riscos potenciais	Medidas preventivas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transportar concreto, desde a central de argamassa até o local de uso, através de giricas ou carrinhos-de-mão (no caso de não estar sendo usado concreto usinado) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lesões devido ao manuseio de ferramentas e equipamentos; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspeção prévia das ferramentas e equipamentos, antes de iniciar a atividade; ▪ Treinar pessoal para relatar casos de ferramentas e equipamentos danificados; ▪ Fazer manutenção periódica das ferramentas de acordo com procedimento ISO n.º IT 009; 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Queda no mesmo nível 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobre fôrmas de lajes, as giricas ou carrinhos devem circular sobre tábuas especialmente colocadas para essa finalidade; ▪ Evitar o transporte de carga excessiva; 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Outros riscos envolvidos no uso de equipamentos de transporte horizontal 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consultar APR 30 Equipamentos de Transporte Horizontal; 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarregar concreto nas fôrmas a partir das bombas ou a partir das giricas ou carrinhos-de-mão 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lesões devido ao manuseio de ferramentas e equipamentos; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspeção prévia das ferramentas e equipamentos, antes de iniciar a atividade; ▪ Treinar pessoal para relatar casos de ferramentas e equipamentos danificados; ▪ Fazer manutenção periódica das ferramentas de acordo com procedimento ISO n.º IT 009; 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Riscos envolvidos na montagem e trabalho sobre andaimes fachadeiros (quando estes forem usados como base para o lançamento do concreto) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consultar APR 21 Andaimes Fachadeiros; 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Queda de altura através da periferia do pavimento; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A periferia do pavimento deve estar protegida por sistema guarda-corpo e rodapé ou rede; ▪ Não é admitido simples isolamento com fita, visto isto ser apenas um sinalizador; 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Queda de altura na vala das fundações (quando concretando estruturas de fundações); 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A borda da vala deve ser protegida por sistema guarda-corpo e rodapé ou rede; ▪ Não é admitido simples isolamento com fita, visto isto ser apenas um sinalizador; 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarregar concreto nas fôrmas a partir das bombas ou a partir das giricas ou carrinhos-de-mão (continuação) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umidade 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Todos envolvidos na operação de concretagem devem estar usando botas de borracha; 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acidentes diversos causados pelo acesso de pessoas não autorizadas na área de concretagem 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Em obras onde esse risco for percebido como relevante (por exemplo, dentro de indústrias) isolar a área da concretagem com fita zebraada; ▪ Deve haver sinalização verbal ou sonora indicando tanto o início quanto o final do bombeamento; 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desconexão dos dutos de bombeamento de concreto por desgaste e vibrações; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Os dutos e conexões devem, preferencialmente, ser escorados e fixados em toda a sua extensão, principalmente nas curvas. As curvas usadas serão de raios amplos; ▪ O mangote da bomba projetora deve ter corrente de segurança (preso uma ponta no mangote e outra no tubo da bomba); 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Projeção violenta do concreto na saída do mangote flexível; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Antes de desmontar a tubulação será aliviada a pressão dos dutos se durante o funcionamento da bomba ocorrerem entupimentos; 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acidentes causados pelo entupimento dos dutos; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O concreto terá granulometria adequada e consistência plástica para evitar entupimentos dos dutos, que terão que ser lavados e limpos antes e depois da concretagem; 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cortes nas mãos e pés; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Todos os trabalhadores envolvidos na concretagem devem usar bota de borracha e luva de raspa de couro; 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prensagem, especialmente de membros inferiores, devido ao colapso das fôrmas durante a concretagem; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspecionar escoramentos das fôrmas antes de iniciar a concretagem; 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Respingos de concreto nos olhos; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Operários que fazem a descarga devem usar óculos de segurança; 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vibrar concreto 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lesões, choque elétrico por contato com fios desencapados e choque elétrico por contato com vibradores energizados; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspeção prévia das ferramentas e equipamentos, antes de iniciar a atividade; ▪ Treinar pessoal para relatar casos de ferramentas e equipamentos danificados; ▪ Fazer manutenção periódica das ferramentas de acordo com procedimento ISO n.º IT 009; 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Respingos de concreto nos olhos durante vibração; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Operadores do vibrador devem usar óculos de segurança; 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Riscos envolvidos na montagem e trabalho sobre andaimes fachadeiros (quando estes forem usados como base para a vibração) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consultar APR 21 Andaimes Fachadeiros; 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Queda de altura através da periferia do pavimento (em caso de obras verticais); 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A periferia do pavimento deve estar protegida por sistema guarda-corpo e rodapé ou rede; ▪ Não é admitido simples isolamento com fita, visto isto ser apenas um sinalizador; 	

Fonte: Saurin (2002).

APÊNDICE 1 - ROTEIROS PARA DIAGNÓSTICO SOBRE CONTROLE DA COVID-19 EM EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (NORIE/UFRGS)

1. NÍVEL ESTRATÉGICO: Diretor Técnico ou Coordenador de Segurança e Saúde no Trabalho)

A. Segurança (na sua empresa)

- 1) Quais foram as principais medidas adotadas na sua empresa para manter o isolamento social nos canteiros de obras?
- 2) Há alguma polêmica sobre as medidas de isolamento recomendadas por entidades setoriais ou exigidas pelo poder público?
- 3) Quais são as principais dificuldades para manter o isolamento social no canteiro de obras?
- 4) Como a mão de obra tem reagido frente as recomendações de higiene e distanciamento?
- 5) Como estão sendo feitas as atividades que eram sempre em equipe? Há realização de reuniões com operários (por exemplo, DDS)?
- 6) Algo tem sido feito para evitar a rotatividade de pessoas no canteiro de obras (por exemplo, mudanças de equipe muito frequentes, ingresso de fornecedores, etc.)?

B. Produção (na sua empresa)

- 7) Houve redução no número de trabalhadores? As obras mudaram o ritmo de produção?
- 8) Há algum fornecedor de materiais que está com dificuldade de entregar pedidos?
- 9) Está sendo necessário replanejar as obras? As obras estão deixando de executar alguma tarefa ou adiantaram outra para evitar o contato, por exemplo?
- 10) Qual o impacto das medidas de isolamento social na produtividade? Você tem alguma sugestão para que este impacto seja minimizado?

C. Percepção sobre o setor da construção

- 11) Qual a sua percepção sobre as medidas de isolamento empregadas nas obras da sua cidade?
- 12) Como a pandemia tem impactado o desempenho das obras em relação à produtividade no setor da construção em geral?

2. NÍVEL TÁTICO/OPERACIONAL: Engenheiro da Obra e Técnico em Segurança e Saúde no Trabalho

A. Caracterização da Obra (perguntas para o engenheiro da obra)

- a) Sistema construtivo
- b) Tipologia
- c) Área Construída
- d) Número de funcionários na obra
- e) Etapa atual da obra
- f) Localização

B. Produção (perguntas para o engenheiro da obra)

- 1) Qual o sistema de Planejamento e Controle da Produção da empresa? Quais os níveis de planejamento adotados?
- 2) A empresa utiliza o Sistema *Last Planner* ou linha de balanço? É calculado o PPC?

- 3) Estão sendo feitas reuniões de planejamento nas obras? Como estão sendo feitas? Existe um cuidado para manter o distanciamento?
- 4) Como é feito o controle da execução das tarefas na obra? Quais são as ferramentas utilizadas?
- 5) A empresa está utilizando ou pensando em utilizar alguma tecnologia para contornar os problemas ocasionados pela pandemia? (ex. reuniões virtuais, uso de tablets, etc)
- 6) Houve alguma mudança no processo de planejamento? Existe algum cuidado, ao planejar as atividades, para que seja mantida a distância de 2m entre os trabalhadores?
- 7) Qual a percepção do impacto das novas medidas de distanciamento social em relação ao ritmo de produção e a produtividade. Quanto reduziu? Alguma atividade sofreu mais impacto que as demais?

C. Segurança (perguntas para o técnico de segurança)

- 1) Quais as principais dificuldades para cumprir as medidas de segurança contra a COVID-19?
- 2) Qual o protocolo de entrada na obra?
- 3) Como foi elaborado o escalonamento para entrada de funcionários no canteiro, vestiários e refeitório?
- 4) Qual a política da empresa quanto ao uso de máscaras nas obras? Existe alguma situação ou atividade em que a máscara não é exigida?
- 5) Existe algum procedimento para uso do elevador cremalheira?
- 6) O que foi alterado no layout ou instalações da obra para cumprir os protocolos de higiene e distanciamento social?
- 7) Quais são os principais pontos de aglomeração e alto risco de contaminação na obra? Há alguma tarefa ou atividade da obra que implique em distanciamento menor que 2m entre os trabalhadores? Qual?
- 8) Quem é o responsável por implementar protocolos de higiene e distanciamento social? O que tem sido feito para engajar os trabalhadores?
- 9) Quem é o responsável por monitorar os protocolos de higiene e distanciamento social? Como está sendo este monitoramento? Como são solucionadas as não conformidades?
- 10) Já houve algum caso suspeito de contaminação pela COVID 19 de trabalhador ou de familiar? O que seria feito se houvesse? Seria possível rastrear com quem um caso suspeito ou confirmado teve contato na obra?
- 11) Foram feitos testes nos funcionários?
- 12) Como a empresa e os terceirizados estão procedendo em relação aos grupos de risco?
- 13) Foi fornecido transporte para deslocamento dos trabalhadores? Se sim, quais procedimentos foram adotados para a manutenção da sua segurança durante esse transporte?
- 14) A empresa tem adotado mais alguma medida ou boas práticas que ainda não foram citadas ao longo desta entrevista?

3. NÍVEL OPERACIONAL: Líderes de equipes de produção

A. Dados da Equipe

- a) Serviço que executam:
- b) Número de funcionários na equipe:
- c) Local de execução do serviço na obra:

B. Segurança

- 1) Quais medidas de segurança contra a COVID-19 listadas abaixo você e sua equipe estão adotando?
 - Uso de máscara
 - Uso de álcool gel 70%
 - Diminuição no número da equipe
 - Divisão da equipe por turnos
 - Distanciamento de 2m entre os membros da equipe
 - Horário reduzido de trabalho
 - Escalonamento para entrada e saída da obra
 - Escalonamento para utilizar os vestiários e refeitórios
 - Afastamento de funcionários com sintomas ou casos confirmados
 - Afastamento de funcionários do grupo de risco
 - Higienização de materiais compartilhados antes do uso
 - Troca diária dos uniformes
 - Restrição da entrada e circulação de pessoas que não trabalham no canteiro
 - Utilização do elevador cremalheira somente por um funcionário e o operador por vez
 - Nenhuma das respostas acima

- 2) Em relação ao uso do elevador cremalheira na obra, marque as medidas que estão sendo adotadas na obra que você está prestando serviço:
 - É permitido somente um funcionário e o operador por vez
 - É permitido até três funcionários e o operador por vez
 - Não tem restrições quanto ao número de funcionários dentro do cremalheira

- 3) Quais são os principais pontos de aglomeração e alto risco de contaminação que a sua equipe enfrenta?
 - Entrada e saída da obra
 - Vestiário
 - Refeitório
 - Fila do elevador cremalheira
 - Durante a execução das atividades diárias
 - No local onde estão estocados os materiais e ferramentas
 - Dentro do elevador cremalheira
 - Durante as reuniões de planejamento
 - Não tem aglomeração

- 4) Já houve algum caso suspeito de trabalhador ou de familiar na sua obra? O que seria feito se houvesse (ou o que foi feito)?
 - Sim e ele foi afastado do trabalho
 - Sim e ele continuou trabalhando na obra
 - Não teve nenhum caso suspeito

- 5) A empresa já fez o teste para COVID-19 em algum dos funcionários da sua equipe?
 - Sim
 - Não

- Não sei
- 6) Como a sua empresa está procedendo em relação aos funcionários do grupo de risco?
- É priorizado o afastamento imediato de pessoas no grupo de risco
 - Nenhuma medida foi tomada em relação aos funcionários do grupo de risco
 - Foram afastados no início da pandemia, mas já voltaram ao trabalho
- 7) Como você vai para obra? Utiliza carro ou transporte público?
- De carona
 - De carro e vou sozinho
 - De carro e ofereço carona
 - De ônibus ou Trensurb
 - Com a van da empresa
 - Outro

C. Produção

- 8) O que mudou na produção da sua equipe após as novas medidas de distanciamento social?
- Atraso para iniciar os serviços
 - Serviços levam mais tempo para serem concluídos
 - Equipe é distribuída em diferentes locais (pavimentos)
 - Serviço não é concluído com qualidade
 - Nada mudou
- 9) As novas regras criaram dificuldades para realizar os serviços?
- Sim
 - Não
- d) Houve alguma mudança na execução das atividades para que seja mantida a distância de 2m entre os trabalhadores?
- Sim
 - Não
- 10) Existe um cuidado para manter o distanciamento durante as reuniões de planejamento da obra?
- Sim
 - Não
- 11) Existe um cuidado para manter o distanciamento durante o transporte até a obra?
- Sim
 - Não

**APÊNDICE 2 – CHECKLIST PARA OBSERVAÇÃO DAS MEDIDAS DE CONTROLE DA COVID-19
EM CANTEIROS DE OBRAS (NORIE/UFRGS)**

1. Observar quais boas práticas estão sendo adotadas na obra:

Boas práticas adotadas na obra (medidas físicas)	Visto	N.A.
Instalação de lavatórios e <i>dispensers</i> de álcool em gel		
Cartazes informativos		
Demarcações de distanciamento no piso para filas		
Refeitório e áreas de vivência permitem dist. > 2m		
As refeições são fornecidas em viandas/marmitas		
Bancada para limpeza de ferramentas		
Fornecimento de água potável em copos ou garrafas individuais		
Isolamento das torneiras a jato que permitiam a ingestão de água diretamente com a boca nos bebedouros		
Registro de presença e temperatura na entrada		
Planejamento da obra disponível no canteiro		
Uso limitado do elevador cremalheira		
Uso de máscaras		

2. Questionar a frequência de higienização e desinfecção dos seguintes pontos:

2.1. Superfícies de trabalho, máquinas, equipamentos e ferramentas

<input type="checkbox"/>	Início e final do expediente
<input type="checkbox"/>	Antes e depois da utilização
<input type="checkbox"/>	Algumas vezes ao dia. Quantas? _____
<input type="checkbox"/>	Algumas vezes ao dia, mas sem critério definido
<input type="checkbox"/>	Essa prática ainda não foi implementada

2.2. Pontos de contato, tais como corrimões, maçanetas, botões de elevadores e outros e braços de cadeiras, telefones, etc.

<input type="checkbox"/>	Início e final do expediente
<input type="checkbox"/>	Antes e depois da utilização
<input type="checkbox"/>	Algumas vezes ao dia. Quantas? _____
<input type="checkbox"/>	Algumas vezes ao dia, mas sem critério definido
<input type="checkbox"/>	Essa prática ainda não foi implementada

2.3. Sanitários, vestiários e refeitórios

<input type="checkbox"/>	Início e final do expediente
<input type="checkbox"/>	Antes e depois da utilização
<input type="checkbox"/>	Algumas vezes ao dia. Quantas? _____
<input type="checkbox"/>	Algumas vezes ao dia, mas sem critério definido
<input type="checkbox"/>	Essa prática ainda não foi implementada

3. Observar quais principais atividades estão sendo executadas na obra, e se as mesmas permitem o distanciamento maior que 2m entre os trabalhadores.

APÊNDICE 3 - ROTEIRO PARA CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E OBRA DOS ESTUDOS EMPÍRICOS (NORIE/UFRGS)

(Sugestão de entrevistado: Diretor Técnico)

A. Caracterização da empresa

- a) Quantos anos possui a empresa? Atualmente conta com quantos funcionários? Conte um pouco sobre a história e a atuação da empresa em seu setor.
- b) Quantos projetos a empresa possui em andamento? Qual o principal segmento? São, em geral, com o mesmo porte e características? Comente semelhanças e diferenças entre os projetos.
- c) Quais as perspectivas da empresa nos próximos anos? Como avalia o setor diante da atual situação da economia (12 meses de pandemia)?

B. Caracterização da obra a ser estudada

- g) **Nome da obra:**
- h) **Sistema construtivo:**
 - () Concreto armado, alvenaria de vedação
 - () Concreto pré-moldado
 - () Alvenaria estrutural
 - () Paredes de concreto
- i) **Segmento:**
 - () Residencial
 - () Outros – Especificar: (ex. hospital, shopping, escola, etc.)
- j) **Tipologia:**
 - () Vertical – Número de pavimentos:
 - () Horizontal – Número de blocos / unidades:
- k) **Área Construída Total:**
- l) **Número de funcionários na obra:**
- m) **Etapa atual da obra:**
 - () Serviços Preliminares
 - () Fundações
 - () Estrutura
 - () Vedação
 - () Cobertura
 - () Esquadrias
 - () Acabamentos e Revestimento
 - () Instalações elétricas e Hidrossanitárias
 - () Pintura Interna e Externa
 - () Área externa e Limpeza final
- n) **Localização:** (bairro, cidade, estado):

APÊNDICE 4 - ROTEIRO DE PERGUNTAS SOBRE O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (Adaptado de ANGELIM, 2019, BERNARDES, 2001, SAURIN, 2002)

(Sugestão de entrevistados: Eng. da Obra e Técnico de Segurança)

A. Planejamento da Produção

- a) Como é estruturado o planejamento e controle de produção da obra (envolvidos/responsáveis, reuniões de planejamento, frequência de reuniões, etc.)?
- b) Quais as etapas para realização do planejamento da obra? É feito a hierarquização dos planos (longo, médio e curto prazo)? Que ferramentas são utilizadas?
- c) Que produtos são gerados no processo de planejamento da obra, ou seja, quais produtos são entregues ou divulgados aos intervenientes (planilhas, painéis de gestão, Linha de Balanço, *check-lists*, outros)?
- d) Existem casos em que o processo de planejamento é iniciado com insuficiência de informações para sua realização? Essas informações complementares são entregues em tempo hábil?

B. Controle da Produção

- e) Como é definido o lote de produção e a distribuição de equipes por postos de trabalho? Existe alguma metodologia para zoneamento da produção (planejamento baseado em localização)?
- f) A empresa está utilizando alguma ferramenta que envolva metodologias ágeis ou tecnologias digitais para controle de produção (AGILEAN, BIM, monitoramento de imagens, outros)?
- g) Quais os indicadores de acompanhamento utilizados para controle de produção (PPC, IRR, outros)? Existem indicadores para cada horizonte? Quem são os responsáveis pelo seu monitoramento?
- h) Como é feito o controle da execução das tarefas em campo? Quais são as ferramentas utilizadas?
- i) Como são apresentados os resultados da medição de campo e os indicadores (reuniões, gestão visual, outros)? Como estas informações são utilizadas para retroalimentar o PCP?
- j) Que ações são realizadas quando o desempenho é abaixo do esperado? É realizada uma análise crítica sobre as razões de não cumprimento dessas atividades?
- k) Quais as principais dificuldades percebidas para a realização do PCP da obra? A empresa mapeia estas dificuldades? Procura melhorias?

C. Proteção contra incertezas (Planejamento de Médio Prazo)

- l) Qual o horizonte tempo do planejamento de Médio Prazo (quantos meses)?
- m) Qual o procedimento para a elaboração do PMP (entradas, escolha de pacotes, etc.). Quem participa da elaboração (intervenientes)?

- n) Que metodologia/ferramenta é utilizada para a sua operacionalização (planilha Excel, software, outros)?
- o) Qual o procedimento para atualização do PMP (semanal, mensal)?

D. Identificar e remover restrições (Planejamento de Médio Prazo)

- p) Qual a frequência de reuniões do médio prazo? Quem participa dessas reuniões?
- q) Os envolvidos elaboram seus próprios questionamentos antes da reunião? Havia análise de feedback dos subempreiteiros sobre os planos? Sim/Não e porquê?
- r) Há um registro das categorias de restrições e responsabilidades? Onde e como é feito esse registro?
- s) Como é feita a comunicação das restrições para os responsáveis (intervenientes)?
- t) Que informações são geradas através do PMP (restrições, relatórios, indicadores). Como é avaliada a eficácia desse plano?
- u) Como é avaliado se as tarefas estão prontas para serem inseridas no cronograma de curto prazo? Ocorrem causas de baixo PPC devido a restrições ou pré-requisitos não atendidos no PMP?
- v) No geral, você considera que a equipe técnica da obra seja engajada com o processo de planejamento hierarquizado (Longo, Médio e Curto Prazo)? Existem dificuldades?

APÊNDICE 5 – ROTEIRO DE PERGUNTAS SOBRE O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA SEGURANÇA (Adaptado de SAURIN, 2002)

(Sugestão de entrevistado: Coordenador ou Tec. Segurança)

A. Planejamento da segurança

- a) Como é estruturado o Planejamento e Controle da Segurança da obra (Horizontes, principais responsáveis, ferramentas)? Os protocolos de prevenção à COVID-19 estão incluídos?
- b) Os trabalhadores recebem treinamento formal com base nos planos de segurança? Descreva como funciona este processo?
- a) São discutidos assuntos de segurança do trabalho nas reuniões regulares de planejamento? Os protocolos de prevenção à COVID-19 estão incluídos nestas pautas?
- b) Você poderia citar exemplos de decisões de planejamento da produção que levaram em consideração requisitos de segurança ou os protocolos de enfrentamento à COVID-19?
- c) As reuniões de planejamento estão sendo realizadas presencialmente? Como estão sendo feitas? Existe um cuidado com higienização e distanciamento social?
- d) Como é feita a identificação de riscos na obra (ergonômicos e de saúde)? Como eles são tratados?
- e) Como é feita a identificação de riscos de contaminação da COVID-19? Como eles são tratados?
- f) Como essas informações referentes aos riscos interferem no planejamento das atividades?
- g) Qual o Papel do PCMAT na gestão da segurança? Alguma medida do protocolo de enfrentamento à COVID-19 foi incorporada?
- h) Existe algum cuidado, ao planejar as atividades, para que seja mantida a distância de 2m entre os trabalhadores?
- i) Mesmo assim, há alguma tarefa ou atividade da obra que implique em distanciamento menor que 2m entre os trabalhadores? Qual?
 - () Não
 - () Concretagem
 - () Montagem de andaime fachadeiro ou balanças
 - () Montagem de formas e ferragens
 - () Outras:

B. Controle da segurança

- j) Quais são os indicadores de desempenho usados para avaliar o desempenho em segurança no trabalho?
- k) Como é feito o registro e a documentação de quase-acidentes?

- l) Há algum tipo de sistema de recompensas e/ou punições vinculado ao desempenho em segurança? Como funciona?
- m) A empresa utiliza (ou planeja) alguma tecnologia para auxiliar o controle da segurança. Alguma específica foi direcionada para controle de contaminação da COVID-19?
- () Equipamentos digitais, *tablets*, aplicativos, outros
 - () Monitoramento com câmeras de segurança, VANT, câmeras 360°, outros
 - () Outros:

C. Outras questões (conscientização)

- n) Segurança é um assunto que em princípio todos apoiam, porém quando é necessário investir tempo e dinheiro muitas pessoas mudam de atitude. Como a empresa conseguiu superar essa barreira, levando em conta, principalmente, engenheiros e mestres-de-obras?
- o) Quais as estratégias para obter o envolvimento de empreiteiros e fornecedores com a segurança?
- p) Quais os mecanismos existentes para envolver os trabalhadores na gestão da segurança?
- q) Como ocorre o envolvimento da alta direção com a gestão da segurança?

APÊNDICE 6 - ROTEIRO PARA AVALIAÇÃO DO MODELO DE INTEGRAÇÃO E UTILIZAÇÃO DAS TECNOLOGIAS *(Adaptado de SAURIN, 2002)*

(Sugestão de entrevistado: Eng. da Obra e Técnico de Segurança)

Questionamentos gerais

1. O conteúdo do MODELO DE INTEGRAÇÃO apresentado foi satisfatório, claro e de fácil entendimento? Comente, de modo geral, seus aspectos positivos e negativos.
2. Você considera o uso de TECNOLOGIAS DIGITAIS, de modo geral, como uma prática viável para apoiar o controle de produção e da segurança?
3. Você considera o uso específico das tecnologias apresentadas (Drone e Câmera 360) viável em situações de crises sanitárias como, por exemplo, a pandemia de COVID-19?
4. Quais seriam as dificuldades para implementar o modelo e as tecnologias apresentados na obra?
5. Você sugere a implementação de outras tecnologias digitais nesse modelo? Quais?

APÊNDICE 7 - PROTOCOLO PARA OS ESTUDOS EMPÍRICOS

Introdução

Este protocolo foi idealizado por pesquisadores da UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC), no âmbito do projeto: *Controle da propagação do vírus SARS-CoV-2 em canteiros de obras com base em ações de segurança e saúde do trabalho e planejamento e controle da produção baseado em localização*.

O protocolo refere-se aos procedimentos e ações a serem empregados em estudos empíricos a serem realizados em duas empresas de construção de edifícios residenciais e/ ou comerciais na cidade de Fortaleza. As empresas que se disponibilizarem a participar dos estudos (aqui chamadas de *Empresas Alfa e Beta*) deverão atender os seguintes pré-requisitos:

- a) Ter participado da etapa inicial deste projeto (Diagnóstico);
- b) Estar de acordo com as etapas para a condução do estudo sugeridas neste protocolo (apresentadas à empresa pela equipe de pesquisa em reunião específica).

Sobre as etapas deste protocolo, as mesmas foram divididas em 03 seções, conforme os itens abaixo, e as atividades a serem desenvolvidas em cada uma delas são descritas em seguida.

- I. Procedimentos iniciais;
- II. Procedimentos para o desenvolvimento do estudo, e;
- III. Procedimentos para a apresentação dos resultados.

Procedimentos iniciais

Este item explica os procedimentos para se dar início ao estudo empírico, incluindo a definição de reuniões, prazos de execução do estudo, permissões para o acesso à obra, bem como as orientações para a identificação dos intervenientes da empresa que participarão do estudo.

Reunião inicial com a equipe de gestores da obra

- a. A equipe do projeto de pesquisa agendará uma reunião inicial com o diretor técnico e a equipe de gestores da obra (podendo ser na própria obra) na qual serão apresentados os resultados da etapa de Diagnóstico e um protocolo com: objetivos, metas previstas, metodologia e cronograma para a realização do estudo de caso;
- b. A equipe de pesquisa e a *Empresa Alfa* definirão a obra a ser estudada e uma conduta de acesso dos pesquisadores, indicando: permissões, dias e horários adequados para as visitas, bem como a sua periodicidade (**Sugestão**: o pesquisador do projeto ficaria um turno na obra, uma vez por semana);
- c. O pesquisador aplicará um roteiro de perguntas semiestruturado para coletar as informações preliminares para o início do estudo de caso, que inclui a caracterização da empresa e da obra a ser estudada (ver Apêndice 2 – “Roteiro de questões para caracterização da empresa e da obra”);
- d. A *Empresa Alfa* fornecerá ainda, os nomes e contatos dos principais intervenientes (engenheiro, técnico de segurança, técnico em edificações, encarregados, entre outros) e uma relação dos possíveis entrevistados na obra de acordo com os objetivos da pesquisa.

Procedimentos para o desenvolvimento do estudo

Este item mostra as orientações para a realização do estudo exploratório dentro do canteiro de obras, tais como os procedimentos e instrumentos para: a coleta de dados sobre o PCP e segurança, a definição e integração de tecnologias ao ambiente do estudo e a proposição de melhorias aos protocolos de controle de propagação da COVID-19 da obra.

Coleta de dados sobre o sistema de PCP e medidas de SST

- a. O pesquisador aplicará roteiros de entrevista em profundidade (ver Apêndice 3 – “Roteiro de questões para análise do PCP e de medidas de SST” e Apêndice 4 - Roteiro de questões para análise do Planejamento de Médio Prazo) para identificar: os responsáveis pelo planejamento, os níveis hierárquicos de planejamento empregados, as particularidades e ferramentas do PCP da obra (Sistema *Last Planner*, planilhas de acompanhamento, entre outros), e se a empresa utiliza alguma tecnologia específica para acompanhamento das atividades de produção;
- b. O pesquisador realizará observação participante para analisar fontes de evidências sobre o PCP, coletar documentações, detectar possíveis aplicações de metodologias ágeis ou tecnologias, além de acompanhar as reuniões de planejamento de curto prazo durante o estudo de caso;
- c. O pesquisador aplicará roteiros de entrevista em profundidade para identificar os responsáveis pelo monitoramento das medidas de prevenção à COVID-19, as principais dificuldades e riscos observados, e se a empresa utiliza alguma tecnologia específica para monitoramento dos protocolos de segurança (ver Apêndice 3 - “Roteiro de questões para análise do PCP e medidas de SST”);
- d. O pesquisador realizará uma observação participante para analisar fontes de evidências sobre as medidas de SST, coletar documentação e registrar boas práticas de prevenção à COVID-19 empregadas junto ao canteiro de obras.

Obs: Esta etapa de coleta de dados poderá, ainda, ser adaptada após as visitas para diagnóstico na obra, atendendo à outras particularidades do caso.

Integração de tecnologia(s) digital(ais) ao PCP e às medidas de segurança do canteiro

- a. A equipe de pesquisa definirá uma (ou mais) tecnologia para ser testada no canteiro de obras, que será inserida dentro do cenário de produção (serviços) e de monitoramento das equipes e das medidas de prevenção à COVID-19 (segurança) (**Tecnologias sugeridas:** VANT (*drone*) e/ou câmera 360°);
- b. O pesquisador fará o uso e o monitoramento da tecnologia em campo, inserida dentro do contexto de PCP e das medidas de SST, observando as suas vantagens e delimitações em situações reais do canteiro, coletando e registrando os dados (imagens, anotações, entre outros);
- c. O pesquisador criará um banco de dados para análise, utilizando, como apoio, uma plataforma específica para gerenciamento de imagens digitais (a definir) e planilhas em Excel;

- d. A equipe de pesquisa identificará possibilidades de melhorias no emprego da tecnologia com base nos dados coletados durante as primeiras aplicações e nas dificuldades percebidas, visando o aprimoramento do uso desta ferramenta para acompanhamento do PCP e das medidas de segurança;
- e. O pesquisador fará novas aplicações da tecnologia em campo, em seguida avaliará os resultados analisando os seus impactos aos sistemas de PCP e de SST da obra, e identificando os potenciais de integração entre esses dois sistemas;
- f. O pesquisador realizará, ainda, a aplicação de um roteiro de entrevista em profundidade para coletar a percepção dos intervenientes (*Empresa Alfa*) sobre os benefícios que a aplicação de tecnologias pode trazer ao sistema de PCP e de segurança da obra (ver Apêndice 6 – Roteiro de análise da percepção do uso de tecnologias para o controle de produção e das medidas de SST”).

Refinamento dos protocolos para reduzir a propagação da COVID-19

- a. Após a finalização do estudo exploratório, a equipe de pesquisa poderá fazer sugestões de novas práticas para que sejam incorporadas aos protocolos de prevenção à contaminação por COVID-19, podendo-se incluir o uso de tecnologias e as técnicas de Planejamento e Controle da Produção baseado em localização, conforme as necessidades observadas no caso.

Procedimentos para a apresentação dos resultados

Este item explica os procedimentos para a organização dos resultados da pesquisa e apresentação aos intervenientes da *Empresa Alfa*, ou para o setor em geral (SINDUSCON), e ainda, para a sua publicação junto à comunidade acadêmica.

Apresentação do relatório do estudo de caso e publicação dos resultados

- a. A equipe de pesquisa solicitará à *Empresa Alfa* a autorização para divulgação das informações do estudo de caso em caráter de disseminação de conhecimento e pesquisa (ver “APÊNDICE 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido”);
- b. A equipe de pesquisa elaborará um relatório técnico descrevendo as informações relevantes da pesquisa, como: as etapas metodológicas, a coleta de dados, as formas de análise destes dados (imagens, planilhas, análise cruzada, entre outros) e suas principais conclusões, indicando ainda, as contribuições do estudo para o setor da construção;
- c. A equipe de pesquisa anexará ao relatório, documentos técnicos coletados na obra, como: planilhas de controle de produção, planilhas ou quadros de planejamento, indicadores de acompanhamento de obra, registros de controle das medidas de saúde e segurança, registros fotográficos de produção e das medidas de segurança, entre outros, os quais possam representar evidências das informações pertinentes ao estudo de caso;
- d. A equipe de pesquisa desenvolverá uma apresentação de resultados para o setor e um artigo científico com a descrição do estudo de caso para ser publicado em congresso ou periódico específicos.