

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Thiago Vanzin Fernandes**

**APLICAÇÃO DE MODELO DE CONTROLE INTEGRADO DA PRODUÇÃO E DA  
QUALIDADE EM UMA OBRA COMPLEXA**

Porto Alegre,  
Maio de 2022

**THIAGO VANZIN FERNANDES**

**APLICAÇÃO DE MODELO DE CONTROLE INTEGRADO DA PRODUÇÃO E DA  
QUALIDADE EM UMA OBRA COMPLEXA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de  
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos  
para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientadora: Daniela Dietz Viana**

Porto Alegre,  
Maio de 2022

**THIAGO VANZIN FERNANDES**

**APLICAÇÃO DE MODELO DE CONTROLE INTEGRADA DA PRODUÇÃO E DA  
QUALIDADE EM UMA OBRA COMPLEXA**

Este Trabalho de Conclusão foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, maio de 2022

**BANCA EXAMINADORA**

**Profa. Daniela Dietz Viana (UFRGS)**

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil  
Orientadora

**Prof. Eduardo Luís Isatto (UFRGS)**

Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

**Marcus Costa Tenório Fireman (UFRGS)**

Doutorando pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Dedico este trabalho à minha família, Volmar, Ivane e  
Matheus pelo apoio e dedicação.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a minha professora orientadora Daniela Dietz que abriu meus horizontes quanto ao tema abordado no presente trabalho, estando sempre disposta a realizar reuniões para debater os tópicos de estudo e indicando trabalhos pertinentes para agregar ao artigo.

Aproveito a oportunidade para agradecer todos os funcionários da empresa Engenhosul, os quais abriram as portas para a realização da pesquisa, sendo sempre solícitos para aplicação do sistema proposto e sempre abertos para resolver eventuais dúvidas. Agradeço de forma especial os engenheiros do empreendimento, por todos os ensinamentos repassados. Sem vocês minha graduação não seria completa.

Agradeço também aos meus colegas de graduação por toda a parceria durante o curso, tornando-o um ambiente muito mais agradável e sempre auxiliando nos momentos mais difíceis de provas e trabalhos. Sem vocês a faculdade não seria a mesma.

Por fim, e mais importante, agradeço a minha família, de maneira especial meu pai Luiz Volmar e minha mãe Ivane, os quais durante toda a jornada da graduação estavam do meu lado, me apoiando nos momentos difíceis e dando suporte para alcançar meu objetivo de me graduar engenheiro civil. Agradeço meu irmão, Matheus, o qual sempre foi meu melhor amigo, alvo de inspiração.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Matriz de avaliação de risco de perdas por making-do.....                     | 11 |
| Figura 2: Quadro de planejamento de médio prazo.....                                    | 16 |
| Figura 3: Planilhas de avanço físico da atividade alvenaria.....                        | 17 |
| Figura 4: Controle visual da atividade alvenaria.....                                   | 17 |
| Figura 5: Planilha "Pacotes de trabalho".....   | 19 |
| Figura 6: Planilha "Making-do".....   | 19 |
| Figura 7: Planilha "Verificação da qualidade".....                                      | 20 |
| Figura 8: Fluxograma do modelo proposto.....  | 20 |
| Figura 9: PPI de cada atividade e sua relação com a porcentagem total de making-do..... | 21 |
| Figura 10: Comparativo dos indicadores PPC.....   | 22 |
| Figura 11: Motivos da não conclusão dos pacotes de trabalhos.....                       | 22 |
| Figura 12: Relação dos indicadores PPCQ, PPC, PPCR e PPI.....                           | 23 |
| Figura 13: Causas das perdas por making-do.....   | 24 |
| Figura 14: Alvenaria finalizada com sobra de material.....                              | 24 |
| Figura 15: Natureza das perdas por making-do.....                                       | 25 |
| Figura 16: Impacto das perdas por making-do.....  | 25 |

## Sumário

|  |    |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO .....                                 | 9  |
| 2 PERDAS POR MAKING-DO .....                       | 10 |
| 3 CONTROLE INTEGRADO DE PRODUÇÃO E QUALIDADE ..... | 11 |
| 4 SISTEMA LAST PLANNER .....                       | 13 |
| 5 MÉTODO.....                                      | 14 |
| 6 SISTEMAS DE GESTÃO DA EMPRESA .....              | 15 |
| 7 PROPOSTA DE MODELO DE CONTROLE INTEGRADO .....   | 18 |
| 8 RESULTADOS .....                                 | 20 |
| 9 DISCUSSÕES .....                                 | 25 |
| 10 CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS .....            | 26 |
| REFERÊNCIAS .....                                  | 27 |

# **Aplicação de modelo de controle integrado da produção e da qualidade em uma obra complexa**

## **Application of an integrated production and quality control model in a complex construction project**

### **RESUMO**

Obras complexas, por conta do elevado número de elementos dinâmicos que interagem entre si, são repletas de incertezas e suscetíveis a inúmeras perdas. A literatura alerta para um tipo específico denominada making-do, a qual está associada a execução de tarefas sem que todos os pré-requisitos necessários estejam disponíveis, o que gera uma série de improvisações no canteiro de obra e, por consequência, acarreta o surgimento de outros tipos de perdas tais como trabalho em progresso, retrabalho e falta de qualidade. Uma maneira de mitigar o surgimento desse tipo de perda é controlar uma das principais causas raízes: os pacotes informais. Estudos sugerem que a aplicação de um modelo de controle integrado de produção e de qualidade é uma metodologia eficaz para gerenciar as perdas por making-do e melhorar os fluxos de informações de empreendimentos. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma metodologia de controle integrado da produção e qualidade em uma obra complexa de um shopping center localizado na cidade de Porto Alegre, buscando soluções para reduzir burocracias e tornar o sistema aplicável a todos os participantes do processo de planejamento e execução do empreendimento. A aplicação do modelo permitiu controlar a execução dos pacotes de trabalho concomitante a verificação da qualidade dos mesmo, além de mensurar as ocorrências de perdas por making-do.

**Palavras chave:** Controle integrado; Gestão da qualidade; perdas por making-do; obras complexas

### **ABSTRACT**

Complex construction project, due to the high number of dynamic elements interacting among themselves, are full of uncertainties and susceptible to numerous wastes. The literature warns of a specific type of waste called making-do, which is associated with the execution of tasks without all the necessary prerequisites being available, which generates a series of improvisations on the building site and, consequently, it leads to the emergence of other types of wastes such as work in progress, rework, and lack of quality. One way to mitigate the emergence of this type of waste is to control the main root cause: informal packages. Studies suggest that the application of an integrated production and quality control model is an effective way to manage making-do wastes and improve the information flows of enterprises. Thus, this article aims to develop a methodology for integrated production and quality control in a complex project of a shopping mall located in the city of Porto Alegre, seeking solutions to reduce bureaucracy and make the system applicable to all participants of the planning process and execution of the enterprise. The application of the model allowed to control the execution of the work packages concomitant to the verification of their quality, besides measuring the occurrences of making-do.

**Keywords:** Integrated control; Quality management; making-do wastes; complex projects



# 1 INTRODUÇÃO

A complexidade de um empreendimento reside na presença de um grande número de elementos construtivos, o que implica em uma vasta diversidade de recursos a serem empregados, conhecimentos requeridos e elevadas inter-relações entre processos (GIDADO, 1996). Segundo Williams (2002), esse tipo de empreendimento apresenta uma complexidade estrutural ocasionada pela grande diferenciação das atividades, o que acarreta em uma expressiva diversidade de *inputs* (entradas) e *outputs* (saídas), além das correlações entre elementos organizacionais, tarefas, equipes e tecnologias.

Saurin e Gonzales (2013) avaliaram a complexidade de sistemas de gestão por meio de um estudo de caso em uma sala de controle de uma refinaria de petróleo. Embora seja uma atividade extremamente destoante da construção civil, as dificuldades gerenciais são perceptivelmente semelhantes. De acordo com os autores, a complexidade do sistema está atrelada ao grande número de elementos dinâmicos que se interagem entre si, tais como o expressivo número de funcionários, equipamentos, procedimentos e parâmetros de controle operacional.

As complexidades relatadas podem acarretar em uma série de problemas construtivos, tais como perdas e incertezas. Segundo Koskela (1992), a construção civil, de forma geral, apresenta quantidades expressivas de perdas, principalmente relacionadas a atividades que não agregam valor ao produto final. Isso se deve ao fato de a indústria da construção ser encarada como uma série de atividades de conversão, não sendo levado em conta os fluxos da produção (KOSKELA, 1992).

Tendo isso em vista, Koskela (2004) propôs um tipo de perda, denominada making-do. Ela ocorre quando uma atividade é iniciada ou continuada sem que todos os recursos necessários (componentes, mão de obra, informações, equipamentos, espaço, tarefas precedentes) estejam disponíveis. Para o autor, essas situações são usuais nos canteiros de obras por conta de incertezas no fluxo de diversos recursos necessários para a execução das tarefas. A categoria making-do é considerada como uma das causas fundamentais para a ocorrência de outros tipos de perdas, tais como retrabalho, trabalho em progresso, problemas de qualidade, diminuição da segurança, e aumento da parcela de atividades que não agregam valor (KOSKELA, 2004).

Fireman (2012) propôs que a integração entre o sistema de planejamento e o de controle da qualidade seria uma metodologia eficaz para reduzir o número de pacotes informais por falta de terminalidade e, por consequência, as perdas por making-do. Segundo Laufer e Tucker (1987), planejar é um processo de tomada de decisão que antecede a ação e tem como objetivo estabelecer metas e meios de atingi-las, enquanto o controle é um processo que busca garantir que o curso da ação seja conservado e que as metas sejam alcançadas. O processo de controlar envolve mensurar e avaliar o desempenho, adotando ações corretivas quando a atividade diverge da planejada (LAUFER; TUCKER, 1987). Em suma, planejamento e controle estão inerentemente interligados, formando um ciclo sucessivo de planejamento e controle (DERMER, 1977; HARRISON, 1981).

No entanto, controles de produção e qualidade são usualmente associados a trâmites burocráticos para obtenção de certificações, os quais limitam-se a tarefas administrativas que demandam muito tempo dos envolvidos no processo e que pouco agregam valor ao produto final (MAROSSZEKY et al., 2002; SUKSTER, 2005; VILLAMAYOR, 2016).

Visando solucionar as dificuldades elencadas e reduzir o surgimento de perdas por making-do, o presente estudo tem o objetivo de aplicar um modelo de controle integrado de produção e qualidade em uma obra de grande complexidade, avaliando seu impacto na gestão. O empreendimento escolhido é um shopping center de grandes proporções localizado na cidade de Porto Alegre - RS. O trabalho se propõe a apresentar um modelo de fácil aplicação pelos envolvidos no processo e livre de burocracias excessivas. O modelo tomará como base o perfil de planejamento já adotado pelos gestores da obra, o qual é fundamentado no Sistema *Last Planner*.

## **2 PERDAS POR MAKING-DO**

Segundo Formoso et al. (2002), todos os recursos – financeiros, temporais ou materiais – produzidos por trabalhos que geram custos, mas não agregam valor ao cliente final, podem ser considerados perdas. A execução de pacotes de trabalhos em condições subótimas é apontado por estudos como causa da redução de desempenho dos sistemas produtivos, estando atrelado a perdas por making-do (FIREMAN, 2012; SOMMER, 2010).

De acordo com Formoso et al. (2011), a improvisação é uma das causas raízes das perdas por making-do, uma vez que diante de uma incerteza ou indisponibilidade, o trabalhador tende a utilizar qualquer recurso que esteja a sua volta para cumprir suas tarefas. Making-do pode ser considerado o oposto de buffering (KOSKELA, 2004). Segundo o autor, enquanto em um os materiais aguardam para ser processados, no outro, os processos são realizados sem a totalidade dos recursos estarem disponíveis.

Com o intuito de investigar e mensurar as perdas por making-do que ocorrem nos canteiros de obras, Sommer (2010) propôs uma metodologia de identificação e classificação dessas perdas. As improvisações observadas pela autora foram divididas em sete categorias: (a) acesso/mobilidade; (b) ajuste de componentes; (c) área de trabalho; (d) armazenamento; (e) equipamentos/ferramentas; (f) instalações provisórias; (g) proteção. Fireman (2012) refinou o método adicionando a categoria denominada sequenciamento, a qual refere-se a alterações na ordem de produção de um processo ou rearranjo da sequência de ataque ocasionado por indisponibilidade ou atraso de tarefas precedentes. Após a criação dessa nova categoria, o autor constatou uma forte relação entre pacotes de trabalhos informais e o surgimento de perdas por making-do, sendo uma a causa raiz da outra (FIREMAN, 2012).

Após identificação, o método de Sommer (2010) prevê a análise das causas que deram origem às perdas por making-do, as quais são denominadas de “natureza das perdas”. A natureza da perda tem forte relação com o recurso ou condição indisponível que gerou o making-do, sendo dividido em: (a) informação; (b) materiais e componentes; (c) mão de obra; (d) equipamentos ou ferramentas; (e) espaço; (f) serviços interdependentes; (g) condições externas; (h) instalações (SOMMER, 2010).

Por fim, a metodologia de Sommer (2010) se dedica a identificar os impactos causados pelas improvisações. Para isso, a autora adotou as consequências das perdas por making-do propostas por Koskela (2004): (a) diminuição da produtividade; (b) retrabalho; (c) redução da qualidade; (d) redução da segurança; (e) desmotivação; (f) perda de material. Ao refinar o método, Fireman (2012) identificou um novo impacto muito recorrente: a falta de terminalidade. Improvisações benéficas ao sistema produtivo também podem ser identificadas, as quais podem ser encaradas

como inovações, devendo ser registradas para contribuir com o processo contínuo de aprendizagem (FIREMAN, 2012).

Na tentativa de facilitar a mensuração das perdas por making-do, Fireman (2012) propôs a criação de uma matriz de avaliação de risco (Figura 1). Por meio de uma avaliação subjetiva, os parâmetros de probabilidade e severidade são definidos e, de acordo com sua combinação, são divididos em três zonas: vermelha (alta prioridade); amarela (prioridade intermediária) e verde (menor prioridade). Ao aplicar a matriz, torna-se mais simples identificar quais perdas tem prioridade de ações corretivas (FIREMAN, 2012).

Figura 1: matriz de avaliação de risco de perdas por making-do

| PROBABILIDADE           | SEVERIDADE     |           |                |            |                 |
|-------------------------|----------------|-----------|----------------|------------|-----------------|
|                         | Muito Alta - I | Alta - II | Moderada - III | Baixa - IV | Muito Baixa - V |
| A - Improvável          | Amarelo        | Amarelo   | Verde          | Verde      | Verde           |
| B - Extremamente Remota | Amarelo        | Amarelo   | Amarelo        | Verde      | Verde           |
| C - Remota              | Vermelho       | Amarelo   | Amarelo        | Amarelo    | Verde           |
| D - Provável            | Vermelho       | Vermelho  | Amarelo        | Amarelo    | Amarelo         |
| E - Frequente           | Vermelho       | Vermelho  | Vermelho       | Amarelo    | Amarelo         |

Fonte: Fireman (2012)

Fireman (2012) constatou que grande número das perdas levantadas estava atrelado a baixa implementação das práticas de planejamento e controle de curto e médio prazo das obras em análise. Sommer (2010) evidenciou que as perdas por making-do usualmente não são percebidas pela equipe de gestão da obra, tendo em vista que as improvisações partem de decisões tomadas durante a execução das tarefas, o que demonstra a necessidade de controlar todos os pacotes de trabalhos, principalmente os informais.

As perdas seriam facilmente atenuadas por meio de análises de restrições relacionadas a acesso, instalações provisórias e fluxos físicos (FIREMAN, 2012). Tais análises devem ser realizadas em conjunto, entre planejadores e executores (SOMMER, 2010). Em suma, aprimorar as práticas de planejamento pode levar a uma redução das perdas por making-do, aumentando a produtividade e reduzindo custos (HAMZEH et al., 2012).

### 3 CONTROLE INTEGRADO DE PRODUÇÃO E QUALIDADE

O ato de planejar consiste em tomar decisões antecipadamente a realização de uma ação, buscando meios de alcançá-la através da projeção do futuro (ACKOFF, 1970). Todavia, na construção civil tradicional, a palavra planejamento é frequentemente limitada a produção de orçamentos, contratos e cronogramas macros (BALLARD; HOWELL, 1998). Para Formoso et.al (1999) o planejamento deve ser encarado como um processo gerencial de tomada de decisões e estabelecimento de metas, que só são efetivas se seguidas de um procedimento de controle.

Segundo Ballard e Howell (1998) e Formoso et al. (1999), o controle só é efetivo se tiver um papel pró ativo, ou seja, se realizado em tempo real. Para os autores, o processo de controlar deve agir diretamente na realização dos processos de produção, identificando e corrigindo eventuais perdas e problemas, não se limitando simplesmente aos atos de inspecionar e verificar. A falta de um controle pró ativo aumenta as incertezas inerentes ao planejamento,

impedindo que o mesmo seja utilizado como uma ferramenta para moldar o futuro (BALLARD, 2000).

De acordo com Sukster (2005) os controles de produção e de qualidade interagem entre si, de forma que o bom desempenho de um afeta substancialmente o do outro. Com isso, a integração desses controles é uma ferramenta muito eficaz para reduzir a incidência de pacotes de trabalhos informais por falta de terminalidade e as perdas por making-do, tornando o planejamento como um todo mais confiável (FIREMAN, 2012). Segundo Arentsen, Tiemersma e Kals (1996), quando o controle da qualidade se torna parte integrante do processo de controle da produção, o cumprimento dos prazos e o uso eficiente dos recursos são mais facilmente garantidos.

No entanto, estudos apontam algumas dificuldades ao integrar os controles de qualidade e produção, tais como a falta de sintonia entre os pacotes de trabalho e os critérios dos procedimentos de verificação da qualidade, além do elevado tempo despendido pela equipe de engenharia nessas atividades (RIGHI; ISATTO, 2011). Como consequência, é corriqueiro que surja uma defasagem de tempo entre a execução das tarefas no canteiro de obras e o controle e verificação da qualidade das mesmas, dificultando a tomada de ações corretivas e posterior aprendizagem (MAROSSZEKY et al., 2002). Dessa forma, quando os serviços são verificados, os trabalhadores já foram para outras atividades ou até mesmo não fazem mais parte do efetivo da obra, ficando pendente a qualidade do pacote de trabalho (MAROSSZEKY et al., 2002).

Com o intuito de superar essas barreiras, vários estudos dedicaram-se a propor modelos de controle integrado de produção e qualidade (SUKSTER, 2005; FIREMAN, 2012); os quais foram refinados posteriormente com a inserção do uso de TI no processo (LEAO, 2014; ROCHA, 2015) e com o uso da tecnologia BIM (VILLAMAYOR, 2016).

Embora cada trabalho tenha trazido sua contribuição ao sistema, a estrutura da metodologia de todos é bem semelhante. Tomando como base o modelo de Leão (2014), a estrutura do controle é dividida em três módulos bem definidos: (a) controle do avanço produtivo, no qual são registrados, diariamente, todos os pacotes de trabalhos formais e informais que estão sendo executados no canteiro; (b) identificação das perdas por making-do, a qual ocorre concomitantemente ao item a) e segue as premissas de controle apresentadas na seção 2; (c) verificação da qualidade, na qual todos os pacotes registrados passam por uma aprovação dos critérios de qualidade já pré estabelecidos pela empresa. O ciclo é finalizado no último dia da semana, quando é registrado o status dos pacotes de trabalho e, caso esse não tenha sido totalmente finalizado, avalia-se o motivo da não conclusão com qualidade (LEÃO, 2014).

O primeiro módulo é de suma importância para o sistema, uma vez que é onde são identificados os tipos de pacotes de trabalhos. Um pacote de trabalho do tipo formal é aquele que foi programado na reunião semanal de curto prazo, enquanto os do tipo informal, embora não planejados, são executados durante o decorrer da semana (FIREMAN, 2012). Os pacotes informais podem ser de três naturezas distintas: (a) informal por falta de terminalidade, o qual representa a execução de pequenos arremates de tarefas já dadas como concluídas nas semanas anteriores; (b) informal novo, o qual refere-se a atividades que, de acordo com o planejamento, só iriam ocorrer futuramente, todavia, por decisão da força de trabalho foram executadas antecipadamente; (c) informal por retrabalho, os quais são atividades que exigiram o retorno da equipe de trabalhadores ao local uma vez que o pacote executado no ciclo anterior não atendeu os critérios de qualidade mínimos (FIREMAN, 2012).

Segundo Bernardes (2001), a execução de pacotes informais, por não terem sido planejados, na maioria das vezes são executados sem que todas as restrições estivessem removidas, o que pode acarretar em perda de desempenho do sistema. Fireman (2012) apontou a execução de pacotes informais como a causa do aumento de trabalho em progresso e de perdas por making-do, além de dificultar o controle da qualidade.

O ciclo de controle integrado finaliza no último dia da semana com a avaliação dos pacotes de trabalhos identificados (LEÃO, 2014). Os pacotes concluídos que não atenderam os requisitos mínimos de qualidade são classificados em categorias a fim de criar um banco de dados de aprendizagem (LEÃO, 2014). A autora utilizou as seguintes categorias: (a) tarefa precedente concluída sem qualidade; (b) material inapropriado; (c) negligência da força de trabalho; (d) baixa instrução da força de trabalho; (e) pré-requisito não disponível; (f) sequenciamento das atividades.

Segundo Sukster (2005), para integrar os controles de produção e qualidade é necessário padronizar os processos e fazer uso de indicadores, os quais, posteriormente, devem ser utilizados como ferramenta de melhoria contínua. Leão (2014) propôs a utilização dos seguintes indicadores: (a) PPCQ (porcentagem de pacotes concluídos com qualidade), calculado pela relação entre o número de pacotes concluídos com qualidade e o número de pacotes concluídos total; (b) PPCR (porcentagem de pacotes concluídos real), que consiste na razão entre o número de pacotes concluídos com qualidade e o número total de pacotes planejados; (c) PPI (porcentagem de pacotes informais), calculado a partir da relação entre a quantidade de pacotes informais e a quantidade total de pacotes executados.

Todas as informações levantadas com a aplicação do modelo de controle integrado de produção devem ser empregadas nas reuniões habituais do sistema Last Planner, de tal forma que os pacotes com falta de terminalidade ou com pendências nos critérios de qualidade possam ser planejados para as semanas seguintes, evitando o surgimento de pacotes de trabalho informais (LEÃO, 2014). Por fim, a identificação e classificação das perdas por making-do devem ser utilizadas como ferramenta para melhorar o processo de remoção de restrições (LEÃO, 2014).

#### **4 SISTEMA LAST PLANNER**

O sistema Last Planner proposto por (BALLARD; HOWELL, 1998; BALLARD, 2000) é um controle de produção baseado nos princípios da produção enxuta pautado na ideia de “puxar a produção” (*pull driven approach*). De acordo com os autores, o sistema tem como objetivo melhorar os fluxos de trabalho, reduzir a variabilidade dos processos e atenuar as perdas. O método é dividido em quatro hierarquias: o planejamento de longo prazo (*master plan*), o de fases (*phase scheduling*), o de médio prazo (*lookahead*) e, por fim, o de curto prazo (ou de comprometimento) (BALLARD, 2000).

De acordo com Formoso et al. (1999), o planejamento de longo prazo tem como finalidade definir os ritmos e prazos de produção de todos os processos macros que compõe o empreendimento. Essa fase do planejamento apresenta um baixo grau de detalhamento, tendo em vista todas as incertezas relacionadas às durações e entregas (BALLARD; HOWELL, 1997).

Na fase de médio prazo, as atividades planejadas no longo prazo são desmembradas de forma a criar pacotes com um maior grau de detalhamento (BALLARD, 2000). A partir desse momento, são analisadas e removidas as restrições que impedem a total execução da atividade, ou seja, cria-se um estoque de pacotes livres de atribuições, os quais podem seguir para o nível do curto prazo (BALLARD, 2000). Em suma, nessa fase ocorre a transformação daquilo que deve ser feito para aquilo que pode ser feito, de forma a puxar a produção (BALLARD, 2000).

Por fim, no nível do curto prazo, são realizadas reuniões semanais nas quais os pacotes de trabalhos definidos no médio prazo são fracionados em lotes menores e alocados para as equipes especializadas (FORMOSO *et al.*, 1999). De acordo com Marquesan (2001), um pacote deve ser definido por uma ação (por exemplo, executar alvenaria), um elemento (por exemplo, paredes) e um local (por exemplo, apartamento 101). De acordo com Formoso *et al.* (1999), esses pacotes devem ser negociados durante as reuniões com os “últimos planejadores” (mestres, encarregados e sub-empregados), os quais devem comprometer-se a executar as metas delegadas.

No entanto, o controle da unidade de produção só se torna efetivo se mensurado, para isso faz-se o uso do indicador PPC (porcentagem de pacotes concluídos) (BALLARD, 2000). De acordo com o autor, o indicador é calculado por meio da razão entre o número de pacotes concluídos e o número de pacotes planejados. Os pacotes que não foram concluídos devem ser rastreados a fim de identificar o motivo da não conclusão, de forma a criar um banco de dados que deve servir como ferramenta de aprendizagem (BALLARD, 2000).

## 5 MÉTODO

A metodologia de trabalho adotada para a presente pesquisa é a *constructive research* (pesquisa construtiva). Esse método tem como objetivo produzir artefatos inovadores que visam resolver algum problema do mundo real, de maneira a contribuir de alguma forma com a teoria do campo onde está aplicada (LUKKA, 2003). A pesquisa tem como objetivo claro propor um artefato inovador, que no caso é um modelo de controle integrado de produção e qualidade aplicável a obras complexas, o qual, após implementado, terá a sua utilidade avaliada.

O modelo foi desenvolvido e testado para a obra do Shopping do Pontal localizada na cidade de Porto Alegre-RS. O empreendimento com área total de 115000m<sup>2</sup> é constituído de um shopping com 2 subsolos de garagem e 4 pavimentos com pé direito duplo, além de uma torre destinada a ocupação de um hotel de alto padrão, escritórios e HUB da saúde. Cada pavimento do shopping tem área de aproximadamente 20000m<sup>2</sup>, por conta dessa magnitude, o prédio é dividido estruturalmente em 17 setores, os quais também servem de divisão para o planejamento da obra. Como obra de contrapartida, será executado um parque público à beira do Lago Guaíba com uma área total de 29000m<sup>2</sup>.

No entanto, o que torna a obra em análise complexa não é o simples fato das dimensões grandiosas. A não repetitividade dos pacotes de trabalho ao longo dos pavimentos é a principal dificuldade na programação das atividades e no controle das mesmas. Além do mais, o uso de tecnologias construtivas inovadoras, tais como o uso de laje de subpressão com concretos com aditivos cristalizantes (San Martin, 2021) e captação de água do lago por meio de adutora para o sistema de resfriamento dos ar condicionados, a qual exigiu o uso de mergulhadores especializados, tornam o planejamento e controle das atividades desafiadores.

O modelo de controle integrado proposto foi implementado e avaliado na obra durante um período de 10 semanas, entre os dias 13 de janeiro e 25 de março de 2022. As fontes de evidências utilizadas foram as próprias observações da rotina profissional do pesquisador, o qual trabalha como assistente técnico na obra; a análise dos documentos de planejamento da empresa, tais como master plan e linha de balanço; análise de indicadores de controle e qualidade já existentes, como o PPC; participação nas reuniões de planejamento, nas quais o pesquisador participou como figura ativa em 10 reuniões de curto e de médio prazo; entrevistas informais com os participantes do processo de gerenciamento; além de registros fotográficos.

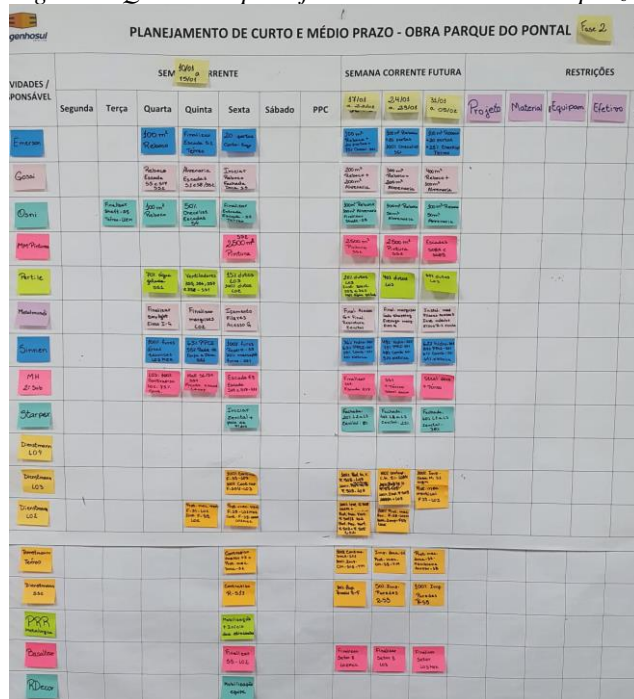
## **6 SISTEMAS DE GESTÃO DA EMPRESA**

A empresa construtora do empreendimento apresenta um elevado grau de implantação das práticas propostas pelo sistema *Last Planner*. No âmbito do longo prazo, 2 engenheiros de planejamento trabalham em tempo integral no canteiro de obras, sendo responsáveis pela elaboração do plano mestre (linhas de balanço e linhas base através do uso do software MS Project) e pelas revisões periódicas do mesmo quando necessárias. Também é responsabilidade desses profissionais atualizar e monitorar o avanço físico-financeiro do empreendimento (por meio de curvas S e software como Sienge), apontando e corrigindo eventuais desvios.

Nas demais etapas do planejamento, a equipe de engenheiros de campo são as figuras mais ativas, sendo constituída por 4 engenheiros, 1 assistente de engenharia e 3 estagiários. A rotina de planejamento semanal se inicia na sexta-feira com a reunião de planejamento de curto prazo. Por conta do grande número de atividades e empreiteiros, a reunião é dividida em grupos, tendo início às 9:30 e se estendendo até às 17:00. Durante esse período, os engenheiros reúnem-se com mestres e encarregados responsáveis pelas atividades para avaliar como foram as metas da semana e, caso alguma dessas não tenham sido alcançadas, são debatidos os motivos, a fim de tentar reverter o cenário para as semanas seguintes. Com esses dados, é calculado o PPC da semana a fim de avaliar o grau de confiabilidade do planejamento. Na sequência, são propostas e negociadas as metas da semana seguinte. Caso haja alguma pequena restrição pendente, é solicitada a solução nesse momento.

Após o término da reunião de curto prazo, os engenheiros responsáveis reúnem-se para avaliar quais atividades devem entrar no radar do médio prazo no horizonte de 3 semanas. Para isso, é realizada uma discussão colaborativa onde faz-se o uso de ferramentas visuais tais como quadros com post it (Figura 2), para que todos os participantes possam visualizar e interagir. Eventuais restrições referentes a essas atividades são apontadas e designadas a algum responsável para removê-las. Tais encontros têm duração média de 1 hora.

Figura 2: Quadro de planejamento de curto e médio prazo



Fonte: Própria do empreendimento

Nas quartas-feiras, a equipe de controle da obra faz um levantamento do andamento das atividades planejadas para a semana. Com posse desses dados, os engenheiros fazem uma análise prévia do PPC, pintando de amarelo os pacotes que tem risco de não acontecerem e de vermelho os que não tem chances de serem concluídos. A partir disso, a equipe se reúne para realizar breves conversas por telefone com os encarregados das atividades, cobrando a execução das mesmas e tentando resolver alguma pequena restrição que ainda possa estar atrasando a conclusão do pacote. Tal prática se mostrou muito eficaz para melhorar o desempenho do planejamento de curto prazo.

O controle das atividades é realizado majoritariamente pela equipe de estagiários e assistente. Toda atividade executada na obra tem um quantitativo total mensurado e detalhado e, a partir disso, são criadas planilhas de controles diários para acompanhar o avanço da atividade. Concomitantemente, controles visuais de andamento são fixados nas paredes do escritório, o que auxilia nas tomadas de decisões nas reuniões semanais. A Figura 3 e a Figura 4 mostram as planilhas de avanço (diário, semanal e geral) da atividade alvenaria e o controle visual da mesma.



Figura 3: Planilhas de avanço físico da atividade alvenaria

| Avanço diário |            |       |                  |                 |           |              |                 |           |                        |           |           |             |
|---------------|------------|-------|------------------|-----------------|-----------|--------------|-----------------|-----------|------------------------|-----------|-----------|-------------|
| Semana        | Data       | Setor | Pavimento        | Localidade      | Atividade |              | Comprimento (m) | Área (m²) | Número de funcionários |           |           | Empreiteiro |
|               |            |       |                  |                 | Alvenaria | Encunhamento |                 |           | Total                  | Atividade | Pedreiros |             |
| Semana 36     | 19/01/2022 | 2     | Térreo           | Escada          | X         |              |                 | 10,0 m²   | 2                      |           | 1         | Emerson     |
|               |            | 2     | Térreo Mezanino  | Escada          | X         |              |                 | 6,0 m²    |                        |           |           | Emerson     |
|               |            | 5     | Térreo Mezanino  | Shaft           | X         |              |                 | 10,4 m²   | 2                      |           | 1         | Osni        |
|               |            | 5     | Térreo           | Escada          | X         |              |                 | 2,1 m²    |                        |           |           | Osni        |
|               |            | 2     | 1º Subsolo       | Shaft pertile   | X         |              |                 | 12,5 m²   |                        |           |           | Gossi       |
|               |            | 1     | 2º Subsolo       | Escada          | X         |              |                 | 15,9 m²   | 2                      |           | 1         | Gossi       |
|               |            | 8     | 2º Subsolo       |                 | X         |              |                 | 6,2 m²    |                        |           |           | Gossi       |
|               |            | 11    | 2º Subsolo       |                 | X         |              |                 | 27,4 m²   |                        |           |           | Gossi       |
|               |            |       | Muretas          | X               |           |              | 7,6 m²          | Gossi     |                        |           |           |             |
|               | 21/01/2022 | 5     | 2º Subsolo       | Hall elevadores | X         |              |                 | 11,8 m²   | 2                      |           | 1         | Gossi       |
|               |            | 2     | 1º Subsolo       | Shaft pertile   | X         |              |                 | 1,5 m²    |                        |           |           | Gossi       |
|               |            | 2     | Térreo Mezanino  |                 | X         |              |                 | 8,6 m²    | 2                      |           | 1         | Emerson     |
|               |            | 5     | Térreo Mezanino  | Shaft           | X         |              |                 | 6,6 m²    |                        |           |           | Osni        |
|               |            |       | 3º Pav. Mezanino | Muretas         | X         |              |                 | 7,7 m²    | 2                      |           | 1         | Osni        |

| AVANÇO SEMANAL |           |           |                              |                                 |      | Avanço Geral |                 |                 |                       |                               |                       |      |
|----------------|-----------|-----------|------------------------------|---------------------------------|------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|------|
| Semana         | Planejado | Executado | Produtividade (m²/homem.dia) | Produtividade (m²/pedreiro.dia) | PPC  | Pavimento    | Setor           | Área total (m²) | Comprimento Total (m) | Área executada Alvenaria (m²) | % executada Alvenaria |      |
| Semana 10      | 1100,0 m² | 844,4 m²  | 6,8 m²                       | 13,0 m²                         | 77%  | Térreo       | 1               | 512,82 m²       | 218,31 m              | 468,0 m²                      | 91%                   |      |
| Semana 11      | 1300,0 m² | 1164,9 m² | 6,0 m²                       | 13,5 m²                         | 90%  |              | 2               | 1500,00 m²      | 389,38 m              | 1495,2 m²                     | 100%                  |      |
| Semana 12      | 1300,0 m² | 1166,7 m² | 5,8 m²                       | 13,1 m²                         | 90%  |              | 4               | 33,56 m²        | 27,10 m               | 0,0 m²                        | 0%                    |      |
| Semana 13      | 1150,0 m² | 1031,4 m² | 5,4 m²                       | 12,4 m²                         | 90%  |              | 5               | 403,92 m²       | 138,77 m              | 280,5 m²                      | 69%                   |      |
| Semana 14      | 1150,0 m² | 883,5 m²  | 4,9 m²                       | 12,7 m²                         | 77%  |              | 7               | 1906,51 m²      | 463,75 m              | 1833,1 m²                     | 96%                   |      |
| Semana 15      | 1150,0 m² | 1238,8 m² | 5,4 m²                       | 14,9 m²                         | 108% |              | 9               | 165,06 m²       | 38,62 m               | 114,6 m²                      | 69%                   |      |
| Semana 16      | 1050,0 m² | 1346,5 m² | 7,2 m²                       | 19,3 m²                         | 128% |              | 10              | 973,06 m²       | 320,96 m              | 912,4 m²                      | 94%                   |      |
| Semana 17      | 1000,0 m² | 800,9 m²  | 4,7 m²                       | 13,3 m²                         | 80%  |              | Térreo Mezanino | 1               | 479,40 m²             | 365,70 m                      | 400,6 m²              | 84%  |
| Semana 18      | 1050,0 m² | 901,7 m²  | 5,1 m²                       | 16,5 m²                         | 86%  |              |                 | 2               | 398,00 m²             | 169,55 m                      | 397,8 m²              | 100% |
| Semana 19      | 850,0 m²  | 525,0 m²  | 4,1 m²                       | 10,9 m²                         | 62%  |              |                 | 4               | 530,36 m²             | 248,06 m                      | 514,2 m²              | 97%  |
| Semana 20      | 600,0 m²  | 639,9 m²  | 4,7 m²                       | 11,0 m²                         | 107% | 5            |                 | 263,62 m²       | 92,30 m               | 261,4 m²                      | 99%                   |      |
| Semana 21      | 500,0 m²  | 547,1 m²  | -                            | -                               | 109% | 7            |                 | 414,61 m²       | 145,72 m              | 409,6 m²                      | 99%                   |      |
| Semana 22      | 450,0 m²  | 277,4 m²  | 3,6 m²                       | 7,1 m²                          | 62%  | 9            |                 | 141,80 m²       | 56,07 m               | 126,0 m²                      | 89%                   |      |
| Semana 23      | 600,0 m²  | 397,2 m²  | 3,0 m²                       | 5,9 m²                          | 66%  | 10           |                 | 427,47 m²       | 196,80 m              | 364,1 m²                      | 85%                   |      |
| Semana 24      | 450,0 m²  | 273,6 m²  | 3,1 m²                       | 5,7 m²                          | 61%  | <b>TOTAL</b> |                 |                 |                       | <b>91%</b>                    |                       |      |

Fonte: o autor

Figura 4: Controle visual da atividade alvenaria



Fonte: Própria do empreendimento

No âmbito do controle da qualidade, a empresa não atende as normas estabelecidas pela ISO 9001/2008. A responsabilidade do controle da qualidade dos pacotes de trabalho fica a cargo, majoritariamente, dos estagiários de engenharia. Fichas de verificação de serviço são disponibilizadas pela empresa. Todavia seu preenchimento não é obrigatório, servindo apenas como ferramenta de auxílio para a conferência dos serviços. Tal fato faz com que as verificações dos serviços executados não fiquem registradas formalmente para eventuais futuras correções. Nesse contexto, a aplicação do modelo de controle integrado de produção e qualidade visa suprimir essa lacuna da gestão do empreendimento.

## **7 PROPOSTA DE MODELO DE CONTROLE INTEGRADO**

O modelo de controle integrado implementado no estudo segue uma estrutura similar aos apresentados no capítulo 3, sendo focado no controle de curto prazo e dividido em 3 módulos principais: (a) “Pacotes de trabalho” (Figura 5); (b) “Perdas por making-do” (Figura 6); (c) “Verificação da qualidade” (Figura 7). O fluxograma da Figura 8, resume as principais etapas de aplicação do modelo.

Os resultados obtidos por Leão (2014), Rocha (2015) e Villamayor (2016) evidenciam que o uso de dispositivos móveis, como tablets, pode auxiliar na implantação do modelo de controle integrado, tornando-o mais dinâmico e evitando que informações sejam perdidas. Todavia, foi relatado por Leão (2014) uma preocupação unânime entre os usuários quanto a fragilidade desses dispositivos quando inseridos em ambientes tão agressivos como um canteiro de obra. Por serem objetos de valor, muitas vezes, os usuários ficam receosos em usá-los.

Na obra em análise, a empresa disponibiliza apenas um tablet para ser utilizado em campo. Por conta da limitação de equipamentos para todos os participantes do sistema de gestão e pelos problemas elencados pela literatura, optou-se por empregar um modelo de controle semelhante ao proposto por Fireman (2012), no qual as informações são coletadas em campo para posteriormente serem registradas em planilhas eletrônicas. Na tentativa de modernizar e dinamizar o sistema, foi criado um grupo em um aplicativo de envio de mensagens com todos os envolvidos no processo, utilizando-se do software Whatsapp. Com ele, durante as rotinas de verificações, os usuários podem fazer uso de seus celulares pessoais, dispositivos de fácil transporte e armazenamento, para tirarem fotos das ocorrências de perdas por making-do que possam vir a ser identificadas e enviando instantaneamente aos demais usuários, formando um banco de dados e agilizando possíveis soluções para as perdas mais graves.

A aplicação do modelo proposto inicia-se com o registro dos pacotes de trabalho formais definidos na reunião de curto prazo na planilha “Pacotes de trabalho” (Figura 5). Durante as verificações realizadas no canteiro de obra pela equipe são registrados os pacotes de trabalhos informais que também estão sendo executados. A função da planilha é controlar todas as atividades que estão sendo desenvolvidas no canteiro de obra, tendo o registro da sua data de início e término.

Os pacotes de trabalhos seguem as premissas propostas por Marquesan (2001) que seria a definição de um elemento, uma ação e um local. Para registrar um pacote de trabalho, o usuário deve inicialmente especificar o empreiteiro responsável e o PTGenérico pertencente, que consiste na atividade macro (ex: alvenaria). Na sequência, é definido o PTEspecífico, o qual é a definição detalhada da ação que deverá ser executada e, por fim, o local onde ocorre a

atividade, constando o pavimento e o setor correspondente. Ao final da semana, os pacotes são avaliados quanto a porcentagem executada em relação à proposta. As atividades que não foram concluídas são debatidas e o motivo da não conclusão das mesmas é registrado, a fim de criar um banco de dados para melhoria contínua.

Na aba “*Making-do*” (Figura 6), são elencadas as perdas por making-do registradas no canteiro. Inicialmente detalha-se qual foi a perda registrada e o processo no qual ela está inserida. Na sequência, conforme recomenda Sommer (2010), a ocorrência é classificada de acordo com sua categoria, natureza e impacto, além do registro de uma possível inovação. Na obra em análise, foi identificado em campo pelo pesquisador o surgimento de uma nova categoria de perda por making-do, relativa a improvisações no quantitativo no pedido e transporte de materiais, sendo incorporada ao sistema com a denominação de categoria de logística. Por fim, aplica-se a matriz de avaliação de risco proposta por Fireman (2012), avaliando a probabilidade de recorrência da perda e a severidade da mesma. Por meio da ponderação dessas variáveis, é calculado, por meio de cores, o risco da perda por making-do. A última etapa do processo é adicionar o registro fotográfico já compartilhado previamente nos dispositivos móveis.

A planilha “Verificação da qualidade” (Figura 7), tem o propósito de integrar os sistemas de planejamento com os de qualidade. Todo pacote que é dado como concluído na primeira planilha, é lançado automaticamente para a aba de verificação da qualidade. O verificador dá seu parecer inicial da atividade, julgando-a como aprovada, reprovada ou com alguma pendência. Todo pacote que não for aprovado deve ter o critério pendente registrado bem como o motivo que acarretou a não qualidade. Há também campos para realizar comentários pertinentes e para adicionar fotos. Após a verificação dos pacotes, pode-se aplicar um filtro na planilha a fim de identificar todas as pendências remanescentes, a fim de programá-las para as semanas seguintes. À medida que ações corretivas são tomadas, o verificador pode alterar o status do pacote na coluna verificação final.

Figura 5: Planilha "Pacotes de trabalho"

| Semana   | Empreiteiro | Tipo PT         | PTGenérico             | Pacote de trabalho específico                             | Pavimento  | Setor | Data início | Data conclusão | Executado % | Problema |
|----------|-------------|-----------------|------------------------|---|------------|-------|-------------|----------------|-------------|----------|
| Semana 8 | Sinnen      | Formal          | Inst. Hidrossanitárias | 90% rede de água  | 1º Sub     |       | 07/03/2022  | 11/03/2022     | 100%        |          |
|          | Sinnen      | Formal          | Inst. hidrossanitárias | Executar Pluviais Floreiras - Leroy                       | L02        | 9     | 07/03/2022  | 11/03/2022     | 0%          | 4.4      |
|          | Sinnen      | Formal          | Inst. Hidrossanitárias | Furação Floreiras - Setor 1                               | L02        | 1     | 07/03/2022  | 11/03/2022     | 0%          | 4.2      |
|          | Sinnen      | Inf. Novo       | Inst. PPCI             | Execução das redes de PPCI do S22                         | 2º Sub     |       | 07/03/2022  | 11/03/2022     | 50%         | 1.3      |
|          | Gossi       | Formal          | Alvenaria              | Execução da alvenaria do shaft dos ventiladores           | 2º Sub     | 17    | 07/03/2022  | 11/03/2022     | 100%        |          |
|          | Gossi       | Inf. UW         | Alvenaria              | Finalizar alvenaria escada 07                             | Térreo     | 1     | 07/03/2022  | 11/03/2022     | 50%         | 5.1      |
|          | Gossi       | Formal          | Alvenaria              | Execução alvenaria shaft S17                              | Térreo     | 17    | 07/03/2022  | 11/03/2022     | 100%        |          |
|          | Gossi       | Formal          | Alvenaria              | Execução das muretas do zenital                           | L04        | 7     | 07/03/2022  | 11/03/2022     | 70%         | 5.1      |
|          | Gossi       | Inf. UW         | Alvenaria              | Extensão da parede da escada 09                           | 1º Sub     | 1     | 07/03/2022  | 09/03/2022     | 100%        |          |
|          | Gossi       | Inf. Retrabalho | Alvenaria              | Encunhar sala de quadros                                  | L02 Mez    | 5     | 07/03/2022  | 08/03/2022     | 100%        |          |
|          | Gossi       | Inf. Novo       | Alvenaria              | Execução mureta impermeabilização acesso 02               | Térreo     | 6     | 07/03/2022  | 11/03/2022     | 20%         | 5.2      |
|          | Gossi       | Formal          | Reboco                 | Reboco da escada do S02                                   | Térreo Mez | 2     | 07/03/2022  | 11/03/2022     | 100%        |          |
|          | Gossi       | Formal          | Reboco                 | Reboco doca S09   | Térreo     | 9     | 07/03/2022  | 11/03/2022     | 100%        |          |
|          | Starpex     | Formal          | Fachada                | Zenital: 100% Estruturação                                | L04        | 7     | 07/03/2022  | 11/03/2022     | 55%         | 1.6      |
|          | Starpex     | Formal          | Fachada                | L03: 60% Estruturação                                     | L03        |       | 07/03/2022  | 11/03/2022     | 40%         | 1.2      |
|          | Starpex     | Formal          | Fachada                | L02 e L02 Mez: 100% Vidros - Setor 05                     | L02 Mez    | 5     | 07/03/2022  | 11/03/2022     | 50%         | 2.2      |
|          | Diestmann   | Formal          | Impermeabilização      | Zenital: 100% Proteção mecânica - Áreas impermeabilizadas | L04        | 7     | 07/03/2022  | 09/03/2022     | 100%        |          |

Fonte: o autor

Figura 6: Planilha "Making-do"

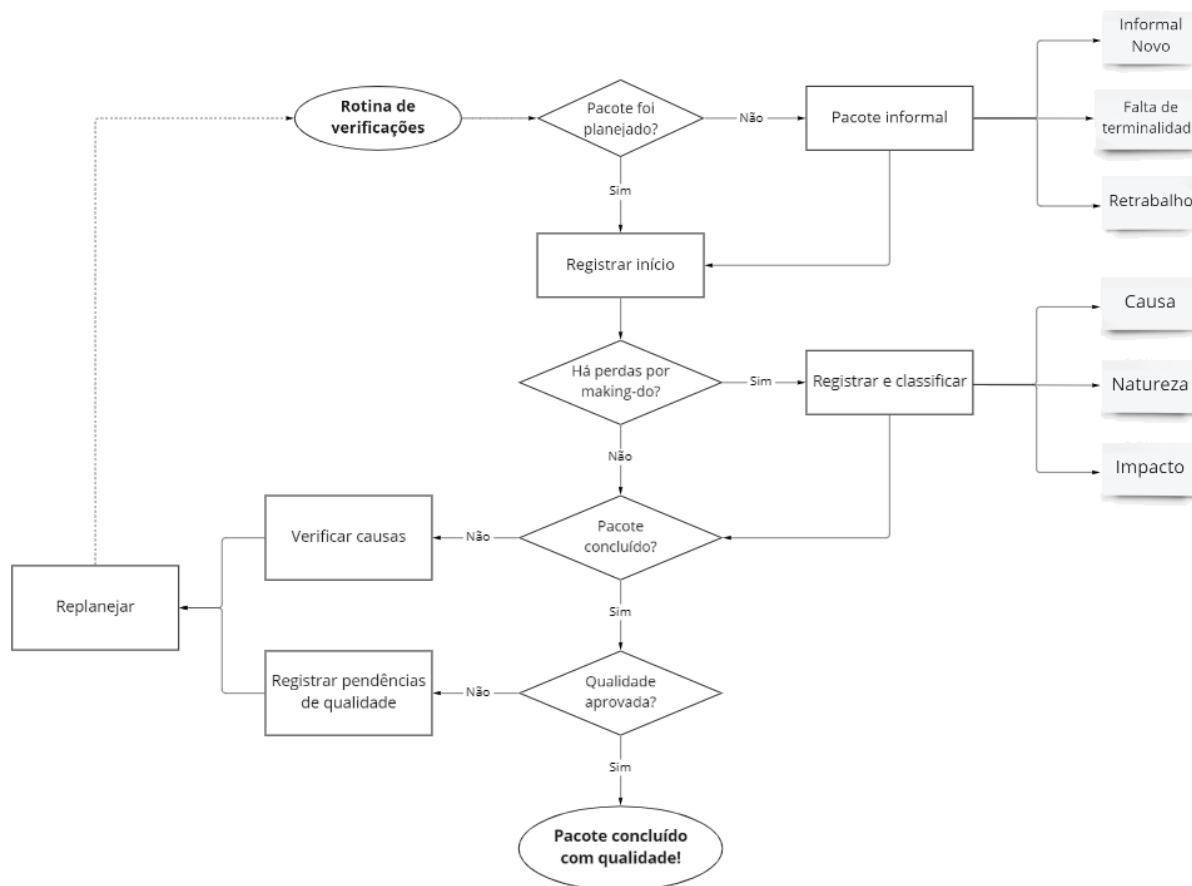
| #  | Making-do   | Processo             | ID | Categoria               | ID | Natureza                | ID | Impacto                | Inovação | Probabilidade | Severidade  | Risco | Recorrência | Foto     |
|----|---|----------------------|----|-------------------------|----|-------------------------|----|------------------------|----------|---------------|-------------|-------|-------------|----------|
| 25 | Lixo acumulado fora de local de descarte                |                      | C3 | Área de trabalho        | N5 | Espaço                  | I5 | Redução da segurança   | Não      | Remota        | Baixa       |       | Não         | D:\Engen |
| 26 | Pintura realizada antes dos arremates de alvenaria      | Pintura              | C8 | Sequenciamento          | N6 | Serviços Interligados   | I4 | Retrabalho             | Não      | Remota        | Moderada    |       | Não         | D:\Engen |
| 27 | Pintura realizada antes dos arremates de alvenaria      | Pintura              | C8 | Sequenciamento          | N6 | Serviços Interligados   | I4 | Retrabalho             | Não      | Remota        | Moderada    |       | Sim         | D:\Engen |
| 28 | Instalação provisória impedindo execução de alvenaria   | Alvenaria            | C6 | Instalações provisórias | N8 | Instalações             | I1 | Falta de terminalidade | Não      | Improvável    | Baixa       |       | Não         | D:\Engen |
| 29 | Alteração de projeto prevendo alv em área já finalizada | Alvenaria            | C8 | Sequenciamento          | N1 | Informação              | I4 | Retrabalho             | Não      | Improvável    | Baixa       |       | Não         | D:\Engen |
| 30 | Falta de iluminação na área de trabalho                 | Contrapiso           | C3 | Área de trabalho        | N8 | Instalações             | I2 | Desmotivação           | Não      | Provável      | Moderada    |       | Sim         | D:\Engen |
| 31 | Impermeabilização aviada no transporte de materiais     | Impermeabilização    | C1 | Acesso/mobilidade       | N5 | Espaço                  | I4 | Retrabalho             | Não      | Frequente     | Baixa       |       | Não         | D:\Engen |
| 32 | Shaft fechado de forma improvisada                      | Segurança do trab    | C7 | Proteção                | N5 | Espaço                  | I5 | Redução da segurança   | Não      | Remota        | Alta        |       | Não         | D:\Engen |
| 33 | Sobra de blocos   | Alvenaria            | C9 | Logística               | N2 | Materiais e componentes | I3 | Perda de material      | Não      | Frequente     | Baixa       |       | Sim         | D:\Engen |
| 34 | Hidrante danificado por transporte de materiais         | PPCI                 | C1 | Acesso/mobilidade       | N5 | Espaço                  | I4 | Retrabalho             | Não      | Improvável    | Baixa       |       | Não         | D:\Engen |
| 35 | Pintura realizada antes dos arremates de alvenaria      | Pintura              | C8 | Sequenciamento          | N6 | Serviços Interligados   | I4 | Retrabalho             | Não      | Frequente     | Moderada    |       | Sim         | D:\Engen |
| 36 | Sobra de blocos   | Alvenaria            | C9 | Logística               | N2 | Materiais e componentes | I3 | Perda de material      | Não      | Frequente     | Moderada    |       | Sim         | D:\Engen |
| 37 | Sobra de blocos   | Alvenaria            | C9 | Logística               | N2 | Materiais e componentes | I3 | Perda de material      | Não      | Frequente     | Moderada    |       | Sim         | D:\Engen |
| 38 | Prumada de esgoto pluvial desaguando dentro da obra     | Ins. Hidrossanitária | C6 | Instalações provisórias | N7 | Condições externas      | I6 | Redução da qualidade   | Não      | Provável      | Baixa       |       | Sim         | D:\Engen |
| 39 | Rampa de terra improvisada para passagem de materias    | NA                   | C1 | Acesso/mobilidade       | N5 | Espaço                  |    |                        | Sim      | Improvável    | Muito baixa |       | Não         | D:\Engen |

Figura 7: Planilha "Verificação da qualidade"

| Data verificação | PTGenérico             | PTEspecífico                                    | Pavimento | Sector | Verificação inicial | critério não aprovado         | ID | Motivo                                    | Foto         | Observação | Verificação Final |
|------------------|------------------------|---|-----------|--------|---------------------|-------------------------------|----|---|--------------|------------|-------------------|
| 04/mar           | Inst. Combustíveis     | Execução das redes de combustíveis do SS1       | 1º Sub    | 1      | APROVADO            | -                             |    |   |              |            | APROVADO          |
| 04/mar           | Alvenaria              | Execução das vergas das portas da escada do 502 | Térreo    | 2      | APROVADO            | -                             |    |   |              |            | APROVADO          |
| 04/mar           | Alvenaria              | Finalizar gotas do elevador                     | L03       | 5      | PENDÊNCIA           | -                             |    |   |              |            | PENDÊNCIA         |
| 04/mar           | Alvenaria              | Execução da alvenaria da caixa de gordura 508   | 2º Sub    | 8      | APROVADO            | Prumo                         | 3  | Negligência da força de trabalho          |              |            | APROVADO          |
| 04/mar           | Reboco                 | Reboco salas técnicas 508                       | 2º Sub    | 8      | REJEITADO           | Esquadro                      | 3  | Negligência da força de trabalho          |              |            | REJEITADO         |
| 04/mar           | Impermeabilização      | Arremate manta terraço                          | L03       | 3      | APROVADO            | -                             |    |   |              |            | APROVADO          |
| 11/mar           | Ar condicionado        | 100% instalação água gelada                     | L02       |        | APROVADO            | -                             |    |   |              |            | APROVADO          |
| 11/mar           | Ar condicionado        | 100% instalação água gelada                     | 1º Sub    |        | PENDÊNCIA           | Pendentes conexões PPR/PEAD   | 2  | Material inapropriado                     | D:\Engenh... |            | PENDÊNCIA         |
| 11/mar           | Inst. PPCI             | 17% instalações PPCI                            | L03       |        | PENDÊNCIA           | Ramal trancando entrada do AC | 1  | Tarefa precedente concluída sem qualidade | D:\Engenh... |            | PENDÊNCIA         |
| 11/mar           | Inst. Hidrossanitárias | 50% instalações hidrossanitárias                | L03       |        | APROVADO            | -                             |    |   |              |            | APROVADO          |
| 11/mar           | Inst. Hidrossanitárias | 90% rede de água                                | 1º Sub    |        | APROVADO            | -                             |    |   |              |            | APROVADO          |
| 11/mar           | Alvenaria              | Execução da alvenaria do shaft dos ventiladores | 2º Sub    | 17     | PENDÊNCIA           | Chumbor os caixilhos          | 5  | Pré-requisito não disponível              |              |            | PENDÊNCIA         |
| 11/mar           | Alvenaria              | Execução alvenaria shaft S17                    | Térreo    | 17     | APROVADO            | -                             |    |   |              |            | APROVADO          |

Fonte: o autor

Figura 8: Fluxograma do modelo proposto



Fonte: o autor

## 8 RESULTADOS

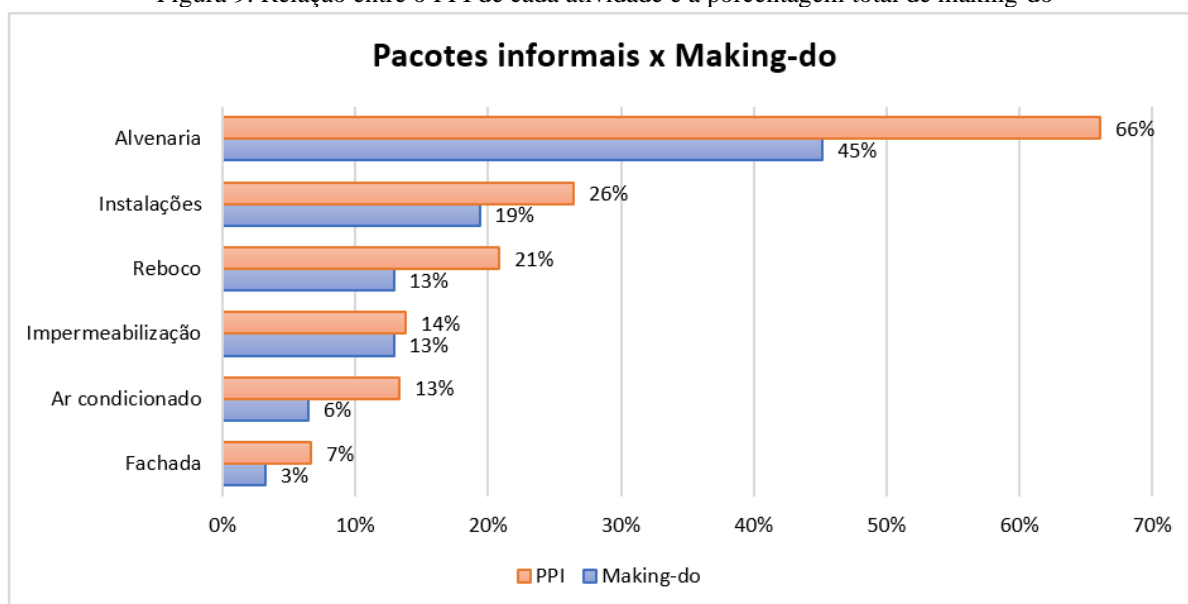
O sistema de gestão da empresa, conforme relatado, possui um elevado grau de implantação do sistema Last Planner, no entanto, ao aplicar o sistema de controle integrado de produção e qualidade, foi possível identificar algumas lacunas que até então não eram visíveis aos gestores. Por exemplo, foi detectado que 23% dos pacotes de trabalhos eram informais e a eles estavam associados o surgimento de várias perdas por making-do.

Devido ao grande número de macro atividade que ocorriam concomitantemente no canteiro durante o período de estudo, foram selecionadas algumas delas para fazerem parte do escopo do estudo: alvenaria, reboco, impermeabilização, fachadas (esquadrias de vidro e ACM),

instalações (hidrossanitárias, PPCI e combustíveis) e ar condicionado. O critério de seleção se deu de maneira a conseguir analisar a maior parte das disciplinas que compõem o empreendimento, além de contemplar atividades em graus de avanços físicos distintos.

Como resultado, percebeu-se que as atividades que estavam com seus escopos próximos de serem finalizados, como a alvenaria, apresentaram elevados índices de pacotes informais e, por consequência, perdas por making-do, conforme demonstra a Figura 9. Isso se deve ao fato da existência de pacotes de trabalhos com falta de terminalidade ou que não tiveram suas pendências de qualidade resolvidas anteriormente, exigindo o retorno dos profissionais responsáveis ao posto de trabalho antes da finalização total da atividade. De maneira oposta, o PTGenérico de fachadas teve seu início na obra concomitante com o levantamento de dado, e o que se pode analisar foi o fato da predominância dos pacotes formais, uma vez que não haviam pendências a serem resolvidas.

Figura 9: Relação entre o PPI de cada atividade e a porcentagem total de making-do



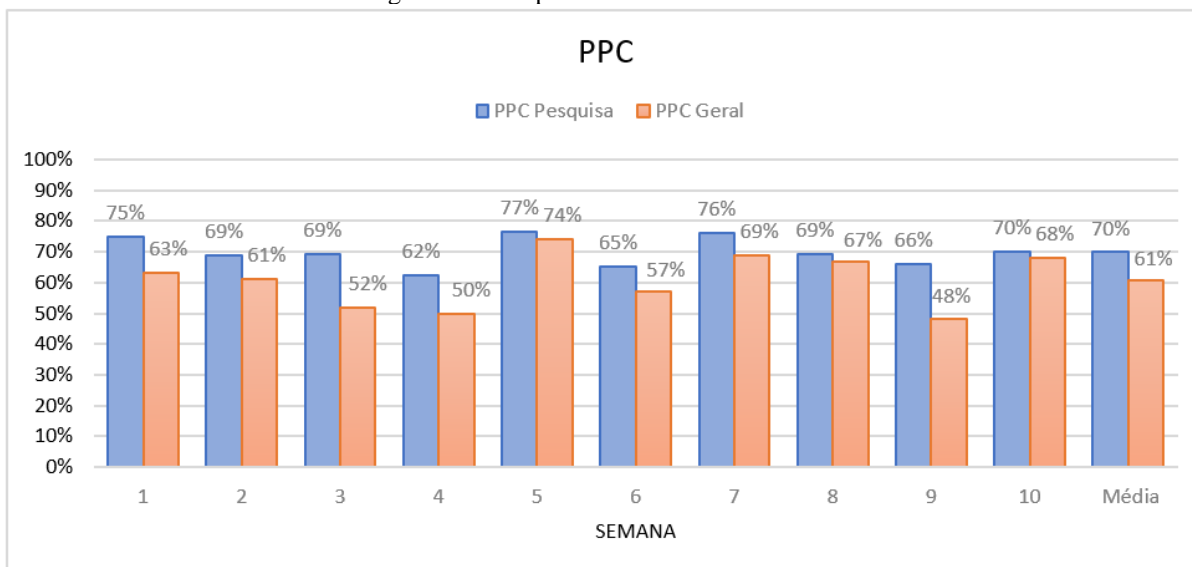
Fonte: o autor

De maneira geral, o fato de a empresa possuir uma forte gestão de médio prazo contribuiu para que a maior parte das atividades possuíssem um baixo número de pacotes informais. No entanto, ficou evidente a necessidade de ater-se com maior atenção no controle das atividades com maior porcentagem de avanço físico, a fim de finalizar com qualidade seus escopos. Para contornar o problema apontado, o controle integrado surge com a solução de rastrear e resolver precocemente todas as pendências de qualidade, evitando longos checklists no final da obra, além de não impactar nas atividades subsequentes.

Além do controle dos tipos de pacote, faz parte do sistema o monitoramento semanal da porcentagem de execução dos mesmos através do indicador PPC. Tal metodologia já era utilizada nas reuniões de curto prazo pela equipe de gestão da obra, servindo de banco de dado para a pesquisa. Também foi calculado a porcentagem de pacotes concluídos somente das atividades que fazem parte do escopo do estudo, o comparativo entre eles é apresentado na Figura 10. O indicador apresentou uma média de 70%, demonstrando solidez na aplicação do sistema Last Planner. No entanto, ao analisar os motivos de não conclusão dos pacotes (Figura

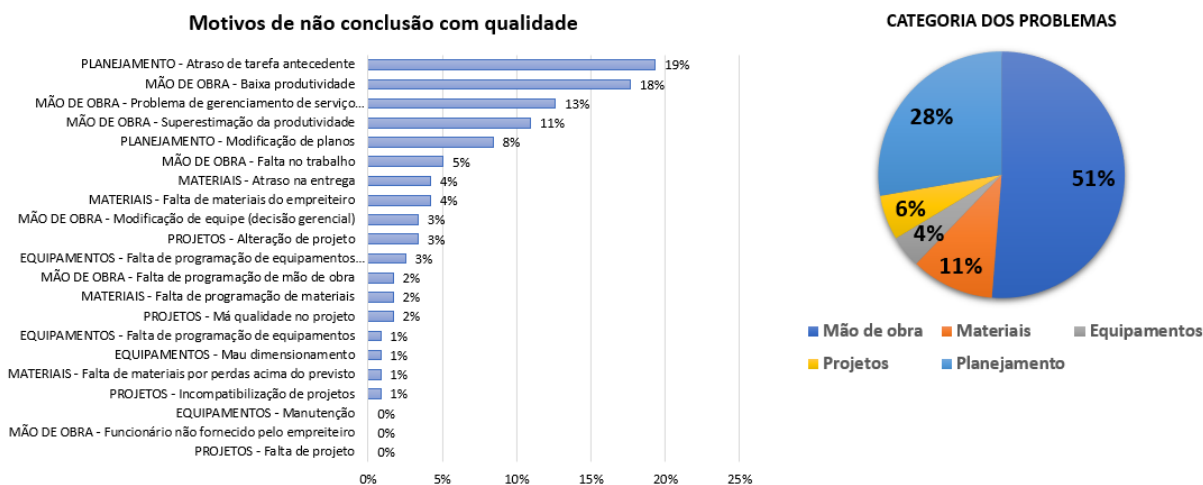
11), é perceptível que alguns requisitos necessitam aprimoramentos para melhoria do indicador.

Figura 10: Comparativo dos indicadores PPC



Fonte: o autor

Figura 11: Motivos da não conclusão dos pacotes de trabalhos



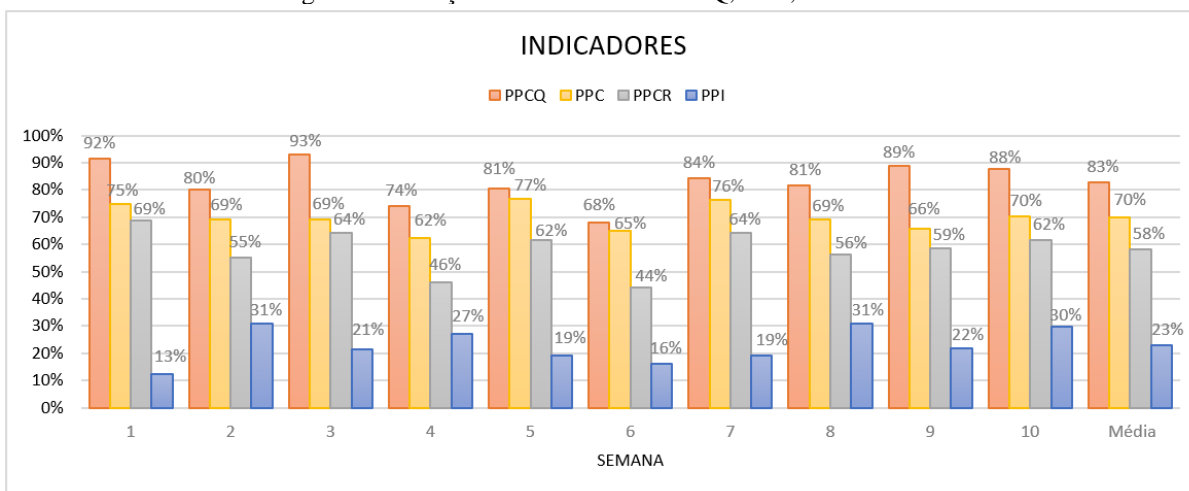
Fonte: o autor

O atraso nas tarefas antecedentes aparece como o motivo mais recorrente, o que indica problemas de falta de terminalidade dos pacotes de trabalhos e algumas falhas nas remoções de restrições no médio prazo. A categoria mais relatada é relacionada a mão de obra, demonstrando falhas de dimensionamento das equipes e de planejamento. Um dos motivos que chamou a atenção do pesquisador foram os elevados índices de falta no trabalho, situação que não costuma ser habitual, contudo, por conta da situação pandêmica durante a qual foi realizada a pesquisa, se tornou corriqueira, sendo comum equipes inteiras serem afastadas dos postos de trabalho.

Após a análise da conclusão dos pacotes, os mesmos eram submetidos a etapa de aferição da qualidade e avaliados por meio dos indicadores expressos na Figura 12. O Percentual de Pacotes Concluídos com Qualidade (PPCQ) teve uma média de 88%, enquanto o Percentual Real de

Pacotes Concluídos ficou em 58%, indicando que boa parte das atividades dadas como concluídas apresentam alguma pendência de aprovação da qualidade, o que pode impactar diretamente nas atividades subsequentes se não resolvidas com agilidade. A existência de retrabalhos para ajustes de qualidade está diretamente atrelada ao percentual de pacotes informais (PPI) de 23%.

Figura 12: Relação dos indicadores PPCQ, PPC, PPCR e PPI



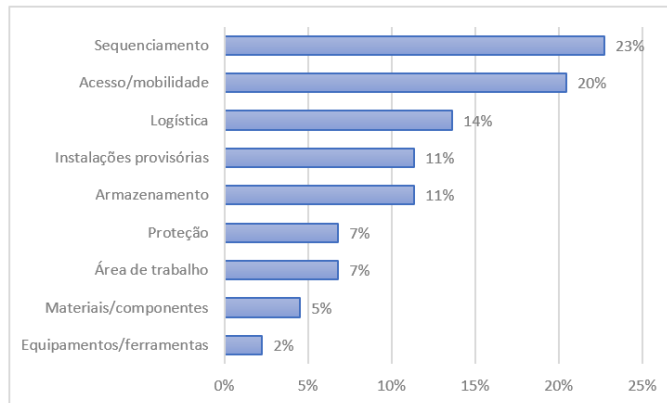
Fonte: o autor

Somado aos indicadores apresentados, o módulo de identificação e controle das perdas por making-do auxiliou na compreensão do impacto causado na produção quando as atividades são iniciadas sem que a totalidade das restrições fossem removidas. A Figura 13 apresenta as causas mais frequentes que deram origens às perdas por making-do registradas. Consoante aos resultados de Fireman (2012), a categoria sequenciamento, relativa à alteração da ordem de produção de determinados processos, foi a causa mais recorrente, principalmente por conta do início de uma atividade sem que a anterior estivesse concluída, o que gera uma série de improvisações dos trabalhadores para suprimir as lacunas da tarefa precedente.

Em relação a categoria proposta de logística, percebeu-se que, em muitas situações, ficava a cargo dos operários os pedidos de materiais, sem nenhum quantitativo calculado ou uso de ferramentas como Kanban. Como consequência da improvisação, observou-se frequentes sobras de materiais nos postos de trabalhos (Figura 14), que implicam em retrabalho nos processos de transporte e, até mesmo, perda de material, uma vez que o mesmo passa a ficar espalhado por toda a obra.



Figura 13: causas das perdas por making-do



Fonte: o autor

Figura 14: alvenaria finalizada com sobra de material



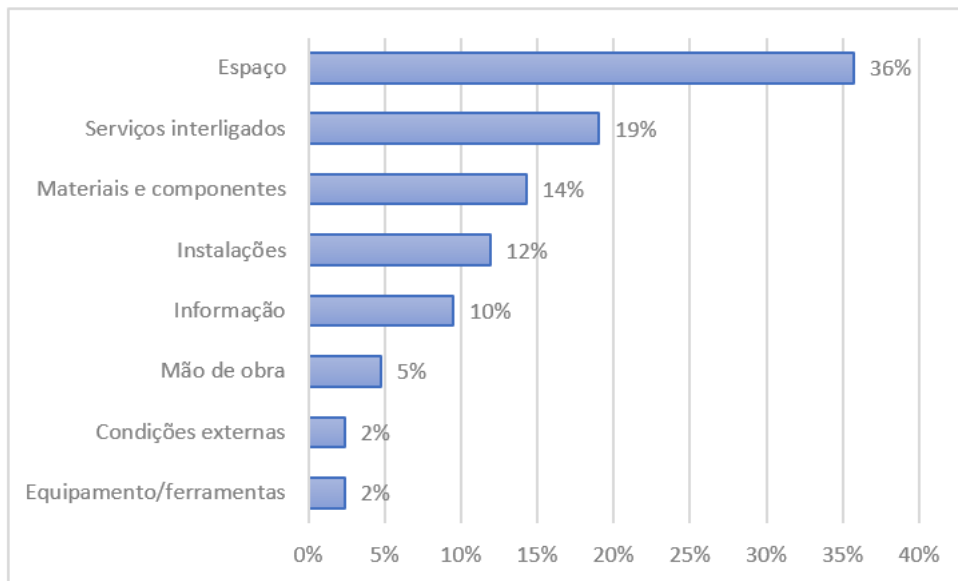
Fonte: o autor

Ao identificar a natureza das perdas, ou seja, os pré-requisitos não disponíveis que acarretaram a improvisação, percebe-se que 36% dos problemas identificados estavam relacionados a categoria espaço (Figura 15), principalmente por conta da grande dimensão do empreendimento e também por conta do grande número de atividades que estavam sendo executadas de forma simultânea, dificultando o acesso dos trabalhadores ao seu posto de trabalho.

Relativo ao impacto das perdas por making-do, ficou evidenciado que as perdas de materiais e retrabalhos são as principais consequências (Figura 16), o que demonstra a suma importância de controlar e tentar evitar o surgimento de novas pendências. Nesse aspecto, a aplicação da matriz de avaliação de risco se mostrou uma ferramenta muito eficaz para conseguir identificar quais perdas estão causando mais impacto na produção.

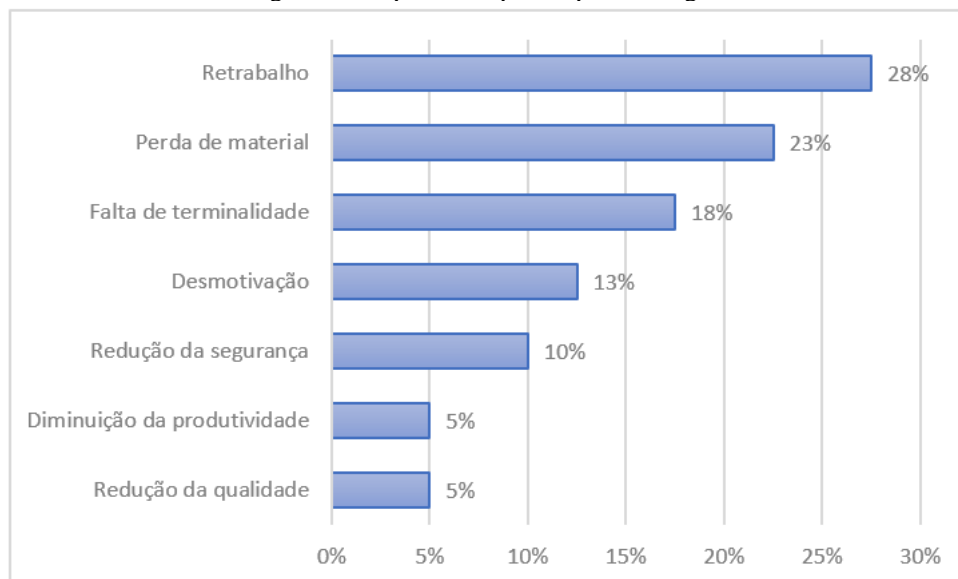


Figura 15: Natureza das perdas por making-do



Fonte: o autor

Figura 16: impacto das perdas por making-do



Fonte: o autor

## 9 DISCUSSÕES

Após 10 semanas de aplicação do modelo de controle integrado de produção e qualidade na obra em análise, foi possível identificar uma série de melhorias nos fluxos de gestão do empreendimento. A planilha de pacotes de trabalho permitiu que todos os envolvidos nos processos de controles tivessem pleno acesso a todas as atividades que estavam sendo executadas em campo, tanto as definidas durante as reuniões de planejamento semanal, quanto as desenvolvidas de forma informal pelos operários. Em decorrência, a verificação da qualidade tornou-se mais contígua a finalização dos pacotes, permitindo que possíveis pendências pudessem ser corrigidas de forma célere, não impactando nas atividades subsequentes.

O controle das perdas por making-do se mostrou extremamente eficaz, evidenciando problemas até então invisíveis a gestão da empresa. Consoante ao apontado por Leão (2014), ficou evidente que muitos pacotes de trabalhos tinham a verificação dos requisitos de qualidade aferidos tardiamente e, como consequência, muitas perdas da categoria sequenciamento foram identificadas, de forma que os trabalhadores precisavam improvisar soluções para suprimir lacunas deixadas pelas atividades precedentes. Outra contribuição do sistema foi a identificação dos problemas relacionados a logística de canteiro, servindo de alerta para demais obras, principalmente de grande porte.

Quanto a aplicação do sistema, apesar de não ter sido possível empregar o uso de tecnologia da informação em campo, a metodologia se mostrou muito fluida e de fácil aplicação. Para os usuários menos experientes, a maior dificuldade estava relacionada a identificação das perdas por making-do. No entanto, o uso de ferramentas de envio de mensagens como forma de controlar tais perdas se mostrou uma solução extremamente eficiente, uma vez que as informações coletadas em campo eram rapidamente divulgadas entre os envolvidos, de forma a criar um banco de dados dos problemas e criando um canal de discussão para buscar soluções ainda mais rápidas para as perdas mais graves.

A velocidade de propagação das informações através do uso desses aplicativos e a facilidade de aplicação que o uso de aparelhos celulares proporciona, demonstram que esse conceito de controle tem muito potencial de crescimento, podendo ser empregado no restante dos módulos de controle da produção.

Outro ponto que merece destaque são as reuniões realizadas todas as quartas-feiras para analisar previamente o progresso das atividades da semana e tentar remover pequenas restrições ainda pendentes que impeçam a conclusão dos pacotes propostos. Como complemento, o pesquisador propõe que tais encontros sejam usados também, futuramente, para discutir o andamento do controle da qualidade das atividades. Os critérios não aprovados devem ser expostos e debatidos de forma a buscar solução para os mesmo durante a própria semana da identificação da falha, uma vez que a equipe de trabalhadores provavelmente ainda está no posto de trabalho onde ela ocorreu. Essa medida, se bem empregada, pode mitigar o surgimento de perdas por making-do da categoria sequenciamento, um dos problemas mais frequentes da obra em análise.

## **10 CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O trabalho se propôs a empregar um modelo de controle integrado de produção e qualidade em uma obra complexa, a fim de avaliar a sua aplicabilidade e utilidade em tais condições. O sistema monitorou os pacotes executados no canteiro, tanto os planejados nas reuniões semanais quanto os informais decorrentes da falta de terminalidade, retrabalhos ou decisões da própria força de trabalho. Somado a isso, foi realizado o acompanhamento da qualidade das atividades, monitorando as pendências em relação aos requisitos exigidos pela empresa. Como forma de avaliar a integração dos sistemas, foram utilizados os indicadores PPCQ e PPCR, além do controle da formalidade dos pacotes por meio do indicador PPI. Outro ponto que foi alvo de estudo foi o registro e classificação das perdas por making-do, a fim de buscar possíveis falhas imperceptíveis ao sistema de gestão tradicional.

Como limitação da pesquisa realizada, destaca-se o fato de não ter sido possível realizar a integração dos sistemas por meio do uso de TI, conforme recomenda a literatura, por conta da

indisponibilidade de aparelhos para todos os integrantes do processo de controle. Somado a isso, outro fator limitante foi o fato de analisar um número restrito de escopos, devido ao grande número de atividades que ocorriam de forma simultânea na obra analisada.

Os resultados obtidos demonstram a existência de uma forte relação entre a execução de pacotes informais e o surgimento de perdas por making-do. Esse fato se mostrou mais comum em atividades que estão com seus escopos próximos de serem finalizados, principalmente por conta dos pacotes com falta de terminalidade registrados. Essa constatação serviu de alerta para os integrantes do sistema de gestão da empresa.

Outra contribuição da pesquisa foi o fato de observar e propor uma nova causa de surgimento de perdas por making-do, a categoria logística. Tal proposição foi feita após analisar frequentes improvisações nos transportes de materiais sem o devido quantitativo necessário. Como consequência, foram registradas perdas de materiais por extravio e retrabalho de movimentação dos insumos.

Em suma, os resultados evidenciados demonstram que a aplicação de um sistema integrado de controles é uma solução extremamente benéfica para suprimir algumas dificuldades inerentes a empreendimentos complexos. O uso de aplicativos que permitam a fácil propagação das informações e de fácil acesso a todos os usuários, tais como os aplicativos de mensagens instantâneas, se mostraram uma ferramenta muito idônea para a integração dos sistemas de controle e qualidade.

A partir das contribuições do estudo realizado, surge como sugestão para trabalhos futuros:

- a) Analisar e propor novas formas de improvisações atreladas a perdas por making-do;
- b) Avaliar o uso de aplicativos de mensagens instantâneas para outras finalidades nos sistemas de gestão de planejamento e qualidade;
- c) Aplicar o modelo de controle integrado em empreendimentos com outros perfis de complexidade, tais como obras de infraestrutura ou hospitais; e
- d) Desenvolver ferramentas de TI que permitam integrar os controles de produção e qualidade de forma acessível e dinâmica a todos os envolvidos no processo.

## REFERÊNCIAS

ACKOFF, R. A Concept of Corporate Planning. **Long Range Planning**, v. 3, n. 1, p. 2–8, set.1970.

ARENTSEN, A. L.; TIEMERSMA, J.; KALS, J. The integration of quality control and shop floor control. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 9, n. 2, p. 113–130, 1996.

BALLARD, G. **The Last Planner System of Production Control**. Birmingham, 2000. Thesis (Ph.D) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production: Essential Step in Production Control. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 124, n. 1, p. 11–17, jan. 1998.

BERNARDES, M.M.S. **Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas da Construção**. Tese de Doutorado (Doutor em Engenharia Civil) – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

DERMER, J. **Management planning and control systems: Advanced concepts and cases**. Georgetown, Ontario: R. D. Irwin, 1977.

FIREMAN, M. C. T. **Proposta de método de controle integrado produção e qualidade, com ênfase na medição de perdas por making-do e retrabalho**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FORMOSO, C. T.; BERNARDES, M.; MENESCAL, L.; DE OLIVEIRA, K. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

FORMOSO, C.T.; (M.ASCE), S. L.; DE CESARE, C.; ISATTO,E.L. Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention. **Journal of Construction Engineering and Management.**, ASCE, v.128 n.4, pp.316-325,2002.

FORMOSO, C.T.; SOMMER, L.;KOSKELA,L.;ISATTO,E.L. An exploratory study on the measurement and analysis of making-do in construction sites.In: Conference of the International Group for Lean Construction, 19, 2011, Lima. **Proceedings**...Peru. 2011.

GIDADO,K.I. Project Complexity: The Focal Point of Construction Production Planning. **Construction Management and Economics**. 1996. V.14. p. 213-225.

HAMZEH, F. R. et al. Is Improvisation compatible with lookahead planning? An exploratory study. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 20, 2012, San Diego... **Proceedings**... San Diego: IGLC, 2012. AGRADDECIMENTOS

HARRISON, F. L. **Advanced project management**. New York, NY: John Wiley and Sons, Inc., 1981.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. CIFE Technical Report, n. 72: Center for Integrated Facility Engineering, Salford, 1992.

KOSKELA, L. Making-do - the eighth category of waste. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 12, 2004, Copenhagen. **Proceedings**... Copenhagen: IGLC, 2004.

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

LEÃO, C. F. **Proposta de Modelo para Controle Integrado da Produção e da Qualidade Utilizando Tecnologia de Informação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de

Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

LUKKA, K. The constructive research approach. In: Ojala, L. & Hilmola, O-P. (eds.) **Case study research in logistics. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration**, Series B1, p. 83–101, 2003.

MAROSSZEKY, M.; THOMAS, R.; KARIM, K.; DAVIS, S.; MCGEORGE, D. Quality management tools for lean production-moving from enforcement to empowerment. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10, Gramado, 2002. **Proceedings...** Gramado: IGLC, 2002. Disponível em: <<http://www.iglc.net/Papers>>. Acesso: 06 de fevereiro de 2022.

MARCHESAN, P. R. C. **Modelo integrado de gestão de custos e controle da produção para obras civis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

RIGHI, M. D. M.; ISATTO, E. L. **Sistema De Controle Da Qualidade E Planejamento De Curto Prazo Na Construção Civil: Integração E Compartilhamento De Informações**. 7º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. **Anais...** Belém: 2011.

ROCHA, G. S. **Proposta de Refinamento de Modelo de Controle Integrado da Produção e Qualidade com o uso de Dispositivos Móveis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

SAN MARTIN, F. J. **Avaliação da autocicatrização de concretos com adição de cristalizantes: Análise em obra e em laboratório**. TCC (graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2021. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/225664>. Acesso em: 15 de março de 2022

SAURIN, T.; GONZALES, S. Assessing the compatibility of the management of standardized procedures with the complexity of a sociotechnical system: Case study of a control room in an oil refinery. *Applied Ergonomics*, n. 44, 2013

SOMMER, L.; **Contribuições para um Método de identificação de perdas por improvisação em canteiros de obras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Núcleo Orientado Para Inovação da Edificação, Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SUKSTER, R. **A integração entre o sistema de gestão da qualidade e o planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Trabalho de conclusão – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

VILLAMAYOR, J.F. **Integração de Modelos de Processo e Produto na Fase de Construção para o Controle da Produção e da Qualidade com o Apoio de BIM**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

WILLIAMS, T. **Modeling Complex Projects**. John Wiley & Sons, LTD. New York, 2002.