Indústria 5.0: Oportunidades e Desafios para Arquitetura e Construção

13º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção e 4º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção

ARACAJU-SE | 08 a 10 de Novembro

[1] IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE VARIABILIDADE DO TAKT-TIME DAS CÉLULAS DE PRODUÇÃO DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL

Identification of sources of variability in the takt-time of production cells in a residential building

Rodrigo Jose Paiva Cruz
Universidade Estadual de Londrina | Londrina, PR | rodrigo.cruz@uel.com

Eduardo Hideki Arima Miranda
Universidade Estadual de Londrina | Londrina, PR | eduardo.miranda@uel.br

Wanessa Roberta Fazinga
Universidade Estadual de Londrina | Londrina, PR | wanessa.fazinga@uel.br

RESUMO

A determinação do takt-time das atividades da construção civil, organizadas em células de produção (CPs), é uma medida que visa determinar um ritmo de produção adequado para alcançar os objetivos do planejamento de uma obra. No entanto, deve-se considerar que a variabilidade de produção pode interferir no fluxo de tais células e causar perturbações que impedem o cumprimento do cronograma pré-estabelecido. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi identificar as fontes de variabilidade no takt-time das CPs de um empreendimento de múltiplos pavimentos. Para isso, foi realizado um estudo de caso, composto por três etapas: a apresentação do workshop realizado pela equipe de planejamento para desenvolvimento da Linha de Balanço (line of balance - LoB), a apresentação das práticas adotadas pela obra para controle nos três níveis de planejamento e a análise comparativa entre a LoB Planejada e a LoB Executada do empreendimento, identificando causas que levaram ao descumprimento do takt-time. As causas identificadas foram categorizadas em quatro grupos: Execução/Mão de Obra, Planejamento e Controle, Cultura Organizacional e Causas Externas. Com isso, foi possível avançar com o conhecimento a respeito das situações que provocam distúrbios nos ciclos de produção.

Palavras-chave: Planejamento e Controle. Lean Construction. Linha de Balanço. Takt-time.

ABSTRACT

The determination of takt time for civil construction activities, organized in production cells (PCs), is a measure aimed at establishing an appropriate production rhythm to achieve the objectives of a construction project's planning. However, it should be considered that production variability can interfere with the flow of such cells and cause disruptions that hinder the adherence to the pre-established schedule. In this context, the objective of this study was to identify the sources of variability in the takt time of PCs in a multi-story project. To accomplish this, a case study was conducted, consisting of three stages: the presentation of the workshop held by the planning team for the development of the Line of Balance (LoB), the presentation of the practices adopted by the project for control at the three planning levels, and the comparative analysis between the Planned LoB and the Executed LoB of the project, identifying causes that led to the non-compliance with the takt time. The identified causes were categorized into four groups: Execution/Labor, Planning and Control, Organizational Culture, and External Causes. As a result, it was possible to advance knowledge regarding the situations that provoke disruptions in production cycles.

Keywords: Planning and Control. Lean Construction. Line of Balance. Takt time.

1 INTRODUÇÃO

O processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP) tem grande impacto no desempenho da produção e a deficiência no PCP é uma das principais causas de baixa produtividade e qualidade (BERNARDES, 2021; MATTOS, 2010). Para evitar estes problemas, a literatura propõe a aplicação do Lean Construction, como instrumento para a gestão da produção no canteiro de obras (MOURA, 2014; FORMOSO, 2000; KOSKELA, 1992). Segundo Kemmer et al. (2006), a implementação das inovações gerenciais propostas pelo lean pode levar a redução das perdas na produção. Além disso, para lidar com incertezas envolvidas no ambiente da construção civil, Bernardes (2021) propõe a divisão do processo PCP em horizontes de planejamento, sendo eles de longo, médio e curto prazo.

Kemmer et al. (2006) ainda afirma que o planejamento de longo prazo, quando formulado inadequadamente, dificulta a utilização do plano por conta da necessidade de constantes alterações em seu conteúdo. Segundo o autor, para operacionalizar a elaboração do plano de ataque, é necessário que se adotem técnicas que

[1]CRUZ, R. J. P., MIRANDA, E. H. A.; FAZINGA, W. R. Identificação de fontes de variabilidade do *takt-time* das células de produção de um edifício residencial. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 13., 2023, Aracaju. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2023.

favoreçam a transparência nas análises dos processos. Como ferramenta gerencial, tem-se a LoB, que desempenha um papel importante para gerenciamento dos processos de produção.

A LoB é construída a partir do ritmo de produção que se pretende para cada atividade da construção a partir do conceito de takt-time. O takt-time corresponde ao ritmo da demanda que linha de produção deve obedecer, proporcionando um encadeamento e nivelamento das atividades (BARROS, 2014).

Destaca-se a utilização do takt como um dos princípios essenciais apresentados pelos autores Oliveira (2018) e Barros (2014) para implementação do lean construction. Barros (2014, p. 61) destaca que seu objetivo é "alcançar um ritmo constante, ou o mais constante possível, no tempo, onde cada etapa produza o seu quantitativo programado, porém, no mesmo período/prazo da etapa anterior." Contudo, dadas as condições ambientais da indústria da construção civil, cujo processo de produção é afetado pelas diversas fontes de variabilidade, presume-se que haverá interferências importantes que podem desestabilizar o takt-time das células de produção (CPs) e prejudicar o cronograma pré-estabelecido para o horizonte do planejamento de longo prazo. Entende-se como CP, o conjunto de atividades a serem executadas sequencialmente, cujo prazo de execução total é definido pelo takt-time. Portanto, deve-se concentrar esforços para garantir que todas as CPs cumpram o takt-time estabelecido, mesmo diante das condições de variabilidade da produção que possam afeta-las negativamente. Isso implica na necessidade de conhecer a origem de tais perturbações.

Neste contexto, esta pesquisa tem como objetivo geral identificar as fontes de variabilidade no takt-time das CPs em um edifício residencial de múltiplos pavimentos, para que seja possível estabelecer a origem de tais perturbações e evitar maiores interferências externas no processo de produção.

2 MÉTODO DE PESQUISA

Adotou-se o estudo de caso como estratégia para o desenvolvimento da pesquisa. Esse método utiliza dados qualitativos, a partir de eventos reais, com a finalidade de explorar, explicar ou descrever fenômenos inseridos em seu próprio contexto (YIN, 2009). A utilização do estudo de caso apresenta uma estratégia útil para que sejam estudados conceitos e suas aplicações teóricas na prática (YIN, 2009; GIL, 2022).

Segundo Gil (2022), a pesquisa pode ser dividida em três categorias, sendo elas: exploratória, explicativa e descritiva. Esta pesquisa se caracteriza como um estudo de caso por ser de natureza exploratória e explicativa. A pesquisa exploratória visa o entendimento de um fenômeno pouco estudado ou aspectos específicos de uma teoria ampla. Já a pesquisa explicativa busca identificar os fatores que determinam ou contribuem para ocorrência dos fenômenos, explicando suas causas (GIL, 2022).

2.1 Local de estudo

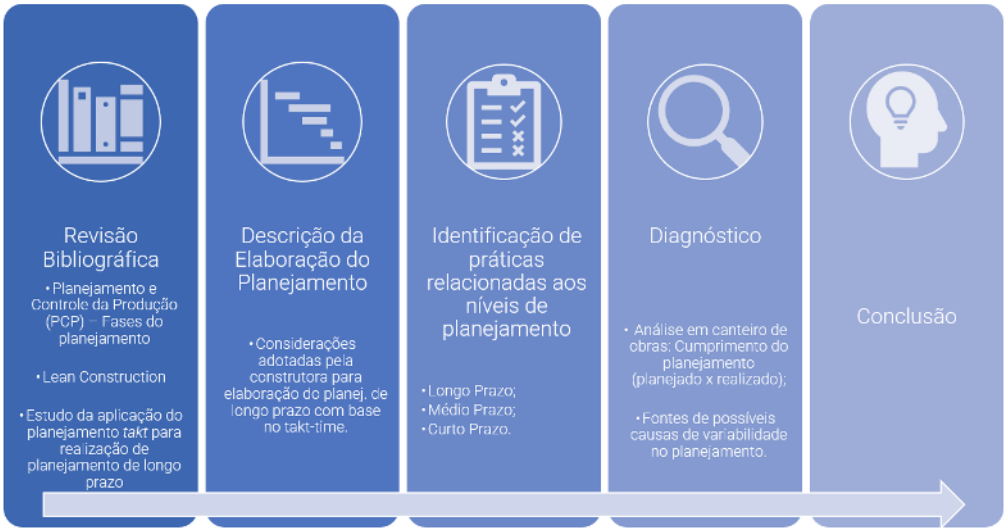
O empreendimento analisado é de médio padrão, sendo constituído de 02 torres no sistema construtivo parede de concreto com 15 pavimentos. Além disso, possui em sua área comum um edifício garagem de dois pavimentos e outras instalações para uso comum no condomínio.

Nota-se que a empresa estudada possui um histórico de comprometimento em realizar o planejamento de suas obras a partir de práticas lean em seus canteiros, buscando redução de desperdícios e melhoria de seus processos. O sistema construtivo de paredes de concreto possui elementos repetitivos que possibilitam sua aplicação em obras futuras, por essa razão, a identificação de fontes que possam gerar variabilidade é relevante.

2.2 Delineamento da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida por meio da seguinte estruturação (Figura 1):

Figura 1: Delineamento da pesquisa



Fonte: os autores.

Inicialmente, para evidenciar o processo de elaboração do planejamento de longo prazo com base no takt-time, coletou-se dados referentes ao workshop realizado pela Construtora X. O encontro contou com a presença de membros da obra e foi conduzido pela engenheira de produção durante uma semana.

Durante este processo, foram analisados pontos da revisão bibliográfica sobre a formulação da LoB e identificadas práticas da construtora para acompanhar o planejamento de longo, médio e curto prazo no canteiro de obras, visando facilitar a análise e cumprimento das atividades e auxiliar a equipe no planejamento.

A partir disso, estudou-se a elaboração do planejamento mestre, bem como foi realizado seu acompanhamento em obra. Foram coletadas informações a respeito das atividades em execução até o momento de realização da pesquisa, estando essas atividades dispostas em CPs. Em seguida, utilizando registros, tais como o diário de obra e acompanhamento diário das atividades executadas coletadas pelo estagiário, foi possível realizar a montagem da LoB Executada, ou seja, identificar visualmente o ritmo real de execução da obra.

Concluída a atualização da LoB real, fez-se um comparativo entre pacotes de serviço programados e executados, a fim de se observar as variações entre planejado e executado. Para a identificação das causas que levaram a variabilidade na execução, realizaram-se reuniões com a engenheira de produção da obra e a estagiária. Durante as reuniões, foram realizadas entrevistas não estruturadas e foram listados os problemas que ocorreram durante a execução que impediram o cumprimento dos prazos estipulados para as atividades nas CPs. Por meio da análise dos dados obtidos, buscou-se evidenciar as causas que levaram à ocorrência de variações no planejamento durante a execução das CPs estudadas.

3 RESULTADO E DISCUSSÕES

3.1 Descrição da elaboração do planejamento de longo prazo

O setor de lean da empresa conduziu um workshop para alinhar o gestor, mestre de obra e estagiários em conceitos relacionados ao lean construction e mapear as atividades da obra para a elaboração da LoB. Foram coletadas informações gerais, como datas de início/término da obra, tempo disponível em dias úteis e área total dos pavimentos. Para eventuais atrasos na entrega de materiais e variações de produtividade, um buffer de segurança (período adicional para cumprimento da atividade) de 15% foi incluído no cálculo do tempo efetivo de produção de 373 dias úteis, com 66 dias disponíveis em buffer.

Posteriormente, levantaram-se as atividades que compõem a execução da torre, sendo identificadas 145 atividades. Posteriormente, propôs-se um sequenciamento construtivo utilizando post-its, permitindo uma fácil análise visual. O empreendimento foi dividido em 22 CPs com um takt-time de 07 dias para a célula da estrutura e 06 dias para as demais, baseado em um empreendimento anterior na mesma tipologia. As

atividades foram balanceadas respeitando o takt-time, com informações sobre a CPs, função, produtividade, equipes e tempo necessário.

3.2 Práticas de controle do planejamento na obra

Na empresa, existem algumas práticas realizadas para auxiliar no processo de controle de produção, sendo elas:

I. Impressões da LoB para sala de engenharia e sala de reuniões da obra.
II. Realização de uma reunião de planejamento de médio prazo mensalmente, entre o gestor da obra e o gerente de obras da empresa.
III. Uso do MS Project® como ferramenta gerencial de análise.
IV. Uso de quadros brancos, apresentando as atividades das CPs a serem executadas durante o mês e seus respectivos responsáveis.
V. Quadro magnético para controlar o planejamento de curto prazo, com imãs que identificam as CPs.
VI. Realização de reuniões diárias, chamadas de check-in e check-out, com participação do engenheiro, mestre de obras, encarregados e líderes, para programação das atividades do dia.

Desta forma, entende-se que há preocupações e estratégias para o controle da produção, a fim de evitar descumprimentos dos prazos estabelecidos para cada célula de produção, ou seja, reduzir o risco da influência da variabilidade na produção.

3.3 Diagnóstico

Inicialmente, analisou-se o andamento das CPs no canteiro para identificar a variabilidade e suas causas que levam ao descumprimento do takt-time e identificou-se que a LoB havia sido revisada, reduzindo o número de CPs de 22 para 15.

A estagiária de engenharia era responsável por coletar dados da torre e diários de obra para construir a LoB executada, porém, havia dificuldade para sua atualização devido à sua disponibilidade limitada para acompanhar atividades no canteiro. Com a LoB Executada, foram identificadas variações no cumprimento do takt-time em relação ao planejado e foi elaborada a Figura 2 com o tempo médio de execução das CPs estudadas na pesquisa.

Figura 2 – Tempo de execução das CPs no pavimento.

Quantidade de repetição																															Performance TAKT	
Torre	Torre 02															Torre 01															Cumpriu	Não cumpriu
Pavimento	T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Takt-time	Takt-time
CP01	13	17	10	8	9	7	8	11	9	8	10	9	9	9	10																1	14
CP02	21	18	6	19	8	8	12	8	4	7	7	11	13	12	12																2	13
CP03		8	10	1	8	5	3	3	1	0	0	0	12	2																	0	13
CP04			8	7	5	1	1	8	18	24	25	25	6	5	2																1	12
CP05		4	1	1	1	4	3	2	2	7	14	3	0	3	1																1	13
CP06		18	9	9	6	10	10	0	0	3	0	1	1	1																	0	13
CP07		11	4	5	8	6	6	13	12	8																					0	9
CP08		13	5	5	11	16	12	6	9	10																					0	9
CP09		5	4	9	6	18	6	8	6																						0	8
CP10		17	24	21	16	12	10	8																							0	7
CP11			8	9	7	5																									1	3
CP12																															0	0
CP13																															0	0
CP14																															0	0
CP15																															0	0
																															6	114
																															Performance	5%

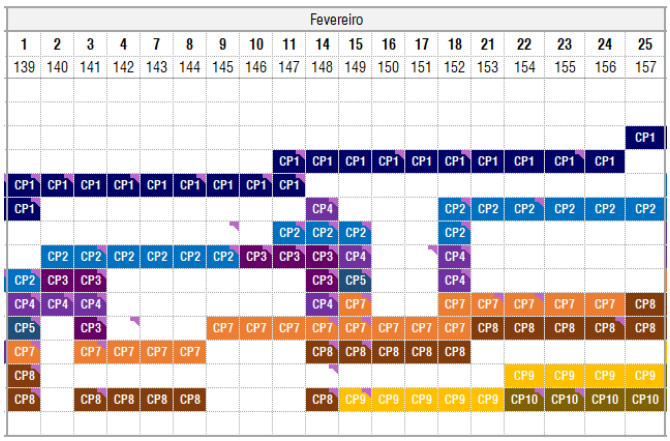
Fonte: Os autores.

Observou-se que somente uma pequena parcela de CPs conseguiram finalizar suas atividades no takt-time estipulado, de 07 dias, apresentando uma performance de 5%, ou seja, dos 120 dados coletados, somente 06 conseguiram ser concluídas em 07 dias.

Por meio do cálculo da média do takt-time, entende-se que, apesar de algumas células estarem com uma média próxima do tempo takt estipulado, não se pode dizer que as CPs apresentam um ritmo constante, identificando-se variações ao longo da coleta de dados.

Outro fator observado e mencionado anteriormente, refere-se à dificuldade de coleta de dados, uma vez que se observam células com uma média de dias abaixo do takt, como o exemplo do mês de fevereiro de 2022, (Figura 3).

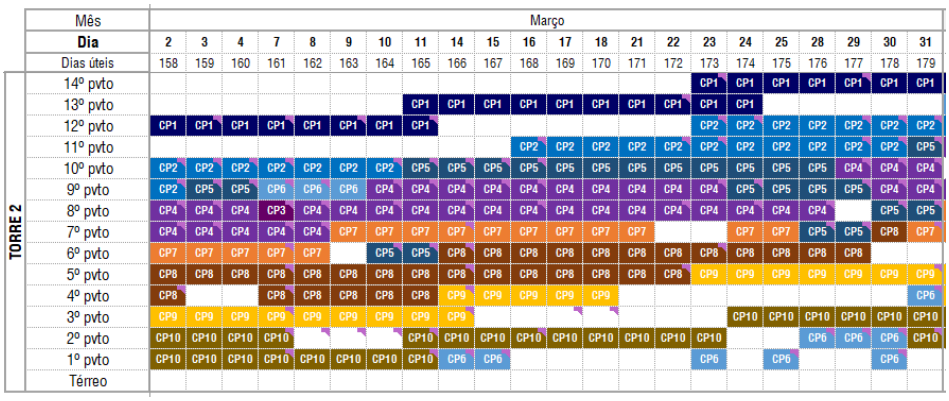
Figura 3 – LoB Executada – Fevereiro de 2022.



Fonte: Empresa X.

No referido mês, por conta da ausência da estagiária para acompanhamento, houve uma baixa disponibilidade de informações coletadas, o que dificultou compreender se algumas atividades foram realmente iniciadas. Além disso, uma variação foi identificada na célula CP03, cuja média de execução foi de 03 dias, considerando dias sem atividades. Isso foi observado nos pavimentos 09, 10 e 11, conforme a Figura 4 da LoB Executada do empreendimento em março de 2022.

Figura 4 – LoB Executada – Março de 2022.



Fonte: Empresa X.

Nos pavimentos 09, 10 e 11, a CP03 iniciou depois da CP02, sem identificação nos meses seguintes, mudando a sequência executiva com o início da CP05, levando a dias de takt zero. A CP03 é retomada nos pavimentos 12 e 13, representando uma possível interferência e descumprimento da LoB.

Destacam-se também as células CP04 e a CP10, em que foi identificada a não terminalidade de tarefas nos meses de março, abril e maio, estando suas atividades distribuídas em mais de um pavimento simultaneamente, ou apresentando também, ocasiões em que esse serviço é interrompido dentro do pavimento e retornando ao pavimento anterior ou prosseguindo.

Foi realizada uma comparação (Figura 5) entre a LoB Planejada e a LoB Executada, destacando em azul as atividades que deveriam estar concluídas ou iniciadas de acordo com o planejado e em cinza as atividades que foram efetivamente iniciadas no pavimento.

Figura 5 – Comparativo entre CPs planejadas X em execução.

MÊS DE ANÁLISE MAIO.22		CP1		CP2		CP3		CP4		CP5		CP6		CP7		CP8		CP9		CP10		CP11	
		LOB	EXEC.	LOB	EXEC.	LOB	EXEC.	LOB	EXEC.	LOB	EXEC.	LOB	EXEC.	LOB	EXEC.	LOB	EXEC.	LOB	EXEC.	LOB	EXEC.	LOB	EXEC.
TORRE 2	14º pvto	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		29%		0%		0%	
	13º pvto	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		29%		0%	
	12º pvto	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		29%	
	11º pvto	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%	
	10º pvto	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%	
	9º pvto	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%	
	8º pvto	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%	
	7º pvto	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%	
	6º pvto	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%	
	5º pvto	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%	
	4º pvto	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%	
	3º pvto	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%	
	2º pvto	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%	
	1º pvto	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%	
	Térreo	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		0%		0%		0%	

LEGENDA
CÉLULAS DE PRODUÇÃO INICIADAS ATÉ O MÊS DE MAIO.22
PORCENTAGEM DE CONCLUSÃO DA CP PROGRAMADA PELA LOB ATÉ O MÊS DE MAIO.22

Fonte: os autores.

Analisando as CPs, há atividades que deveriam estar finalizadas, mas não foram iniciadas, como a CP08, em que todas as suas atividades na Torre 02 deveriam estar concluídas, demonstrando a dificuldade em seguir o planejamento. Além disso, há um descumprimento da subseção, onde as atividades no pavimento térreo ainda não foram iniciadas, mas outras atividades da subseção subsequente foram executadas.

3.4 Identificação de Causas de Variabilidade no *takt-time*

Para identificação de possíveis causas que levaram à variabilidade do takt-time, foi realizada uma reunião de alinhamento por meio de uma entrevista não estruturada, com a engenheira de produção e estagiária da obra, para entendimento de possíveis fatores que levaram a essa modificação.

Durante a entrevista, questionou-se sobre o agrupamento das CPs em 15 CPs. Identificou-se a necessidade de modificação das CPs por atrasos na estrutura (CP01). Identificado o atraso na primeira célula de produção, julgou-se necessário realizar esse ajuste, visto que provocou atraso nas demais células.

Durante a Obra A, foi observado um aumento no tempo necessário para concluir um pavimento durante os dois primeiros meses da fase de estrutura. Isso se deu em razão das formas de alumínio terem sido utilizadas na Obra B e posteriormente reformadas para a Obra A. Como a equipe da obra B não foi transferida, contratou-se uma equipe terceirizada para a execução do serviço.

A partir do entendido da causa macro que levou a redução para 15 CPs, realizou-se um agrupamento de possíveis causas que poderiam ter afetado o cumprimento do planejamento. Como mencionado, pode-se pontuar a mão de obra (MO) como uma das primeiras causas responsável pela variação observada do cumprimento da LoB, sendo o atraso da estrutura, célula CP01, o fator principal para a variação inicial do takt-time.

Embora contasse com uma equipe maior, a MO terceirizada encontrou dificuldades para seguir o ritmo do takt, especialmente na montagem das formas, levando à formação de uma equipe própria. Entretanto, mesmo com a mudança, a equipe própria também teve problemas em cumprir o planejamento. De acordo com o planejamento estabelecido anteriormente para a Obra B pela Empresa X, os dois primeiros ciclos de concretagem (Etapa 01 e 02), mais complexos, requeriam dois dias para cada concretagem, consumindo quatro dias do takt. As demais etapas (Etapa 03 e 04) exigiam um dia para cada concretagem, totalizando seis dias do takt, com um dia de buffer para possíveis atrasos, totalizando 7 dias para o ciclo.

Desta forma, observou-se que o tempo para execução real de um pavimento correspondia a aproximadamente 10 dias, ou seja, a MO não conseguia atingir o cronograma proposto, levando ao descumprimento da célula, que possui um takt-time estimado de 07 dias.

Uma das possíveis causas para a variação da CP01 é devido à curva de aprendizado da equipe de MO, que passou por treinamento para cumprir o planejamento. Além disso, fatores ambientais, como o clima frio, atrasam a desforma da parede de concreto para iniciar a próxima etapa, pois é necessário esperar que o concreto atinja a resistência mínima de 3 MPa nas primeiras 12 horas após a concretagem. Na fase da

estrutura, os travamentos inadequados das formas da parede de concreto também são um problema, pois podem causar vazamentos durante o bombeamento, o que ocorreu quatro vezes entre novembro de 2021 e fevereiro de 2022.

Como último apontamento relacionado a etapa da estrutura, pode-se identificar a ascensão da grua como um ponto de atenção para consideração no takt-time. Para cada 03 pavimentos concretados, é realizada a ascensão da grua, atividade que consome 01 dia de takt para a equipe da estrutura.

Outro exemplo de causa de variabilidade identificado foi na célula CP07, em que houve um superdimensionamento da equipe de gesseiro (equipe terceirizada) e o serviço era interrompido à medida que avançava para outros pavimentos. A interrupção acontecia devida a alta produtividade da equipe em relação às células anteriores, apesar do número de equipes corresponder ao planejado na LoB. Por isso, eventualmente, havia necessidade da redução da equipe pela metade.

Além disso, em serviços em gesso, como por exemplo, no forro da sacada, optou-se por realizar a parada da atividade até, pelo menos, a realização da impermeabilização de 03 pavimentos acima do andar em que o forro estava em execução, uma vez que foram identificados mofos nas placas.

Para CP09, pode-se relacionar os atrasos da impermeabilização à qualificação da MO terceirizada para realização da atividade. Por esse motivo, formou-se uma equipe de MO própria com 2 meio oficiais. O atraso mais expressivo da célula foi entre os meses de março e abril de 2022, apresentando tempo para conclusão de serviço de 18 dias no 5° pavimento (Figura 6).

Figura 6 – CP09 – Tempo de conclusão serviço de impermeabilização.

Mês	Março												Abril											
Dia	16	17	18	21	22	23	24	25	28	29	30	31	1	4	5	6	7	8	11	12	13	14	18	19
Dias úteis	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191
1º pvto																								
Térreo																		CP1	CP1	CP1	CP1	CP1	CP1	CP1
14º pvto						CP1	CP1	CP1	CP1	CP1	CP1	CP1	CP1	CP1	CP1	CP1	CP1							
13º pvto	CP1	CP1	CP1	CP1	CP1	CP1	CP1						CP6	CP2	CP2	CP2	CP2	CP2		CP4			CP4	CP4
12º pvto						CP2	CP2	CP2	CP2	CP2	CP2	CP2	CP2	CP2	CP2	CP2	CP2	CP2	CP3	CP3	CP3		CP6	
11º pvto	CP2	CP2	CP2	CP2	CP2	CP2	CP2	CP2	CP2	CP2	CP2	CP5	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4		CP6			CP4	CP4
10º pvto	CP5	CP5	CP5	CP5	CP5	CP5	CP5	CP5	CP5	CP4	CP4	CP4		CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4		CP4	CP4
9º pvto	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP5	CP5	CP5	CP5	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP7
8º pvto	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4	CP4		CP5	CP5	CP7	CP7	CP7	CP7	CP7	CP7	CP7	CP7	CP7	CP7	CP7	CP8
7º pvto	CP7	CP7	CP7	CP7			CP7	CP7	CP5	CP5	CP8	CP7	CP7	CP8	CP8	CP8	CP8	CP8						
6º pvto	CP8	CP8	CP8	CP8	CP8	CP8	CP8	CP8	CP8	CP8				CP6	CP6	CP6	CP6	CP6					CP9	CP9
5º pvto	CP8	CP8	CP8	CP8	CP8	CP9	CP9	CP9	CP9	CP9	CP9	CP9	CP9	CP9	CP9	CP9	CP9	CP9	CP9	CP9	CP9	CP9	CP9	CP1

Fonte: Empresa X.

Outros problemas foram identificados ao longo do acompanhamento das outras CPs, como a CP10, em que se identificaram problemas referentes a suprimentos, ocorrendo atrasos devido à compra de material especificado de maneira incorreta.

Solicitou-se revestimento cerâmico da cozinha com acabamento diferente do padronizado, dessa maneira, por meio da *LoB* Executada, pode-se observar que as atividades da CP10 não possuem uma terminalidade, sendo necessário retomá-las para assentamento do revestimento da cozinha. Como exemplo, tem-se os pavimentos 01 e 02, em que a atividade de assentamento cerâmico é retomada após as atividades da CP06 (Figura 7).

Figura 7 – CP10 – Terminalidade de serviços do revestimento cerâmico.

Mês		Março																					Abril										
Dia	25	2	3	4	7	8	9	10	11	14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	28	29	30	31	1	4	5	6	7	8	11	12	13	14
Dias úteis	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189
2º pvto	CP9	CP10	CP10	CP10	CP10				CP10	CP10	CP10	CP10	CP10	CP10	CP10	CP10	CP10			CP6	CP6	CP6	CP10	CP10	CP10	CP10	CP10	CP10	CP10	CP10	CP10	CP10	CP10
1º pvto	CP10	CP10	CP10	CP10	CP10	CP10	CP10	CP10	CP10	CP6	CP6						CP6		CP6			CP6			CP6	CP6	CP10	CP10	CP10	CP10	CP10		
Térreo																																	

Fonte: Empresa X.

Outros fatores externos à obra também foram identificados como fontes de variabilidade no *takt-time* de produção. Pode-se pontuar atraso na célula CP06 por parte da passagem de fiação elétrica nas áreas comuns. Diferente dos apartamentos, que trabalham com *kits* elétricos, as fiações elétricas da área comum são compradas separadamente. Porém, com a chegada do material, ocorreu furto dos cabos de cobre da obra, que culminaram no atraso das atividades de 10 pavimentos, sendo necessária sua reprogramação.

Além disso, as reuniões de *check-in* e *check-out* da obra não estavam sendo realizadas com a periodicidade requerida, tendo uma média de participação de apenas 42% entre novembro de 2021 e abril de 2022. Isto comprometia a resolução de problemas, prejudicando a elaboração de planos de ação rápidos e afetando o *takt-time*.

Por fim, as causas de variabilidade do *takt-time* foram identificadas e categorizadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Categorias das fontes de variabilidade do *takt-time* de produção.

CATEGORIA	DESCRIÇÃO DA EVIDÊNCIAS
1) EXECUÇÃO / MÃO DE OBRA	CP01 – Rompimento de contrato da empreiteira responsável pela montagem das formas da estrutura.
	CP01 – Curva de aprendizado e formação de equipe MO própria.
	CP01 – Vazamentos do concreto na etapa de bombeamento por problemas de travamento das formas.
	CP04 – Tratamento crítico nas paredes em que contém revestimento cerâmico, devido a irregularidades e alinhamento das paredes.
	CP04 – Realização de contrapiso não previsto em todos os apartamentos e hall, por falhas na concretagem.
	CP09 – Rompimento de contrato da empreiteira responsável pela impermeabilização.
2) PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO	CP01 – Ascensão da grua, pois ocasiona parada de 1 dia para a equipe da estrutura.
	CP04 – Equipe para execução de contrapiso menor do que dimensionada
	CP04 – Interferência de atividades na mesma CP (tratamento de piso ocorre apenas após o tratamento de parede).
	CP07 – Equipe superdimensionada, ocasionando paradas devido a produtividade superior às células a frente.
	CP07 – Avarias no forro de gesso da sacada por falta de impermeabilização, que foi executada apenas na CP10
	CP10 – Compra de revestimento cerâmico com acabamento incorreto pelo setor de suprimentos.
	Atividade não planejada – Regularização dos vãos das portas em 3cm devido a incompatibilidade do tamanho do vão com o produto adquirido.
3) CULTURA ORGANIZACIONAL	• Não realização do *check-in* e *check-out,* reduzindo o alinhamento das atividades programadas e atividades efetivamente realizadas, além da elaboração e aplicação de planos de ação.
4) CAUSAS EXTERNAS	CP01 – Atraso da chegada das formas metálicas no canteiro de obras para início da estrutura.
	CP01 – Não atingimento da resistência mínima do concreto de 3 MPa para realização da desforma no dia seguinte da concretagem devido a dias de temperatura baixa.
	CP06 – Furtos de materiais elétricos.

Fonte: os autores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As causas da variabilidade no *takt-time* foram agrupadas em quatro categorias: Execução/Mão de Obra, Planejamento e Controle, Cultura Organizacional e Causas Externas. A estrutura de concreto tende a reger o ritmo das demais células de produção e, por isso, teve destaque na análise de fontes de variabilidade. Destaca-se a ocorrência de lentidão no processo de aprendizagem da equipe, erros de execução que causaram paralisações na concretagem, efeito do frio nas características do concreto impedindo as desformas programadas e demanda de tempo para ascensão do equipamento grua.

Na categoria mão de obra a variabilidade teve origem na substituição de equipes terceirizadas por equipes próprias e o período de aprendizagem desses ingressantes. Além disso, em função de defeitos nos serviços executados, tarefas adicionais de correção impactaram negativamente no tempo das CPs. Na categoria planejamento houve variabilidade provocada por falhas no dimensionamento das equipes, por sequência de execução inadequada e por erros na aquisição de insumos. Sobre cultura organizacional o único fator que inseriu variabilidade foi o não cumprimento das reuniões diárias de alinhamento de tarefas com as equipes. Na categoria de causas externas todos os fatores se relacionaram com materiais utilizados, que chegaram com atraso no canteiro, foram furtados e não atingiram a resistência requerida. As atividades com maior ocorrência de variabilidade foram a estrutura de concreto, contrapiso, impermeabilização de forro de gesso.

O estudo contribuiu para o avanço de conhecimento ao destacar situações corriqueiras no canteiro de obras que provocam distúrbios nos ciclos de produção. A atenuação da variabilidade ou a capacitação das equipes para responderem aos distúrbios são tópicos que devem favorecer a aderência aos planos com uso da *LoB* que dependem da estabilidade dos ciclos de produção.

REFERÊNCIAS

BARROS, Jevandro. Lean Construction & Excelência Operacional: Sistema de Produção para Construção. 1ª edição. São José dos Campos: Allcor Gráfica e Editora, 2014

BERNARDES, M. M. E. S. Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil. 2ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 7 ed. Atlas: Barueri, 2022.

FORMOSO, Carlos Torres. Lean Construction: Princípios Básicos e Exemplos. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

KEMMER, Sérgio L.; HEINECK, Luiz F. M.; BRITO, Felipe L.; BEZERRA, Bruno B.; CARDOSO, Hériglys S. Planejamento de médio prazo: Contribuição ao gerenciamento do plano com base em aplicação prática. Anais... XI Encontro Nacional de Tecnologia, n.1, p. 2381 – 2390, 2006.

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

MATTOS, Aldo Dórea. Planejamento e Controle de Obras. 1ª edição. São Paulo: Editora Pini Ltda, 2010.

MOURA, R. S. L. M. et. al. Line of Balance–is it a synthesis of lean production principles as applied to site programming of Works. Proceedings... In: 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). 2014.

OLIVEIRA, Eduardo. Lean Construction: O Princípio do TAKT. Mogi das Cruzes: [s.n.], 2018.

YIN, R. K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. 2 ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.