ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Continuidade e Estabilidade dos Fluxos Físicos – uma Quimera em Aplicações da Lean Construction?

Physical Flows Continuity and Stability – a Chimera in Lean Construction Applications?

Mayana Chagas Carvalho
Instituto Federal da Paraíba | Catolé do Rocha | Brasil | mayanacc@gmail.com
Débora de Gois Santos
Universidade Federal de Sergipe| São Cristóvão| Brasil| deboragois@academico.ufs.br
Luiz Fernando Mahlmann Heineck
Universidade Estadual do Ceará | Fortaleza | Brasil | freitas8@terra.com.br
Antônio Nunes de Miranda Filho
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil | anmirandaf@yahoo.com.br

Resumo
De há muito foi demonstrado que os canteiros de obras repetitivos se caracterizam pela descontinuidade do fluxo produtivo, falta de sequência e grande variabilidade no emprego de recursos. As implantações de produção enxuta em canteiros de obra têm se endereçado à métricas como remoção de restrições, percentual de pacotes concluídos (PPC) e desvios de prazo, não tendo ainda enveredado para medidas mais operacionais, refletindo aspectos específicos advindos da engenharia de produção, como potencialmente expostos por diagramas de fluxo, mapofluxogramas e diagramas homem-máquina. Como método de trabalho são utilizadas a pesquisa documental e bibliográfica. Esse artigo revisa a bibliografia recente ilustrando que, na maioria dos casos, ainda há descontinuidade, falta de sequência e instabilidade no fluxo produtivo. O trabalho reúne evidências da experiência de três canteiros de obra antecipando e corroborando a revisão da bibliografia quanto as dificuldades e falta de sucesso na implantação dos conceitos de fluxo em obra.

Palavras-chave: Construção Enxuta. Fluxo de Trabalho. Estabilidade no Processo Produtivo.

Abstract
For a long time, it has been evident that construction sites often suffer from interruptions in production flow, lack of sequence, and significant variability in resource utilization. While lean production methods have been implemented in construction, focusing on metrics such as constraint removal, Planned Percentage Completion (PPC), and schedule deviations, they have not yet fully explored operational measures that reflect production aspects, such as flow diagrams, flowcharts, and man-machine diagrams. This research is grounded in documentary and bibliographic methods. The article reviews recent literature and finds that construction sites

Como citar:
SOBRENOMEDOAUTOR, A. Template para a conferência ENTAC2024. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

continue to experience discontinuity, lack of sequence, and instability in production flow. The study consolidates evidence from three construction sites, supporting the literature review's findings about the challenges and limited success in applying flow concepts on-site.

Keywords: Lean Construction. Workflow. Process Stability.

INTRODUÇÃO

O gerenciamento da construção civil tem sido subsidiado por estudos sobre aspectos operacionais ligados ao canteiro, que se refletem na crescente predominância deste enfoque, como expresso nas publicações do *International Group for Lean Construction* (IGLC). Notadamente, a questão de fluxos e a programação de obras é retomada pela publicação seminal há 20 anos da *Location Management Management System* (LBMS)[1] e há cerca de 10 anos do Planejamento *Takt* [2].

Há evidências da aplicação da programação de atividades a partir da noção de fluxo desde 1857, com a notável história de sucesso da construção do *Empire State Building* nos anos de 1930 [3]. Desenvolvimentos teóricos e aplicações da técnica da Linha de Balanço estão presentes na condução de conjuntos de obras residenciais no Reino Unido na década de 1960 [4], fato usualmente ignorado pelos proponentes da LBMS.

O planejamento *Takt* traz consigo a necessidade de pesquisa em áreas como estudos de tempos e movimentos, produtividade, proteção da produção, coordenação e socialização do conhecimento, controle de obras e integração da cadeia produtiva [2]. Sugerem ainda a utilização do planejamento de fluxos não só a nível operacional, mas também a nível estratégico dentro da empresa. Fluxogramas, mapofluxogramas, diagramas homem-máquina, ferramentas clássicas do estudo de tempos e movimentos são trazidas à tona e tornadas atuais nas pesquisas em andamento [3].

Desta forma, este artigo se propõe a documentar se a estabilidade do processo produtivo tem sido e pode ser alcançada. Para tal, lança-se mão da revisão da literatura, enfocando mormente os trabalhos que enfatizam a descontinuidade e descontrole do processo produtivo, em geral em um ambiente onde a filosofia da construção enxuta tenha sido aplicada.

Como documentação prática, apresenta-se o resultado de uma investigação sobre o desempenho produtivo, expresso na forma de fluxos, de obras no Reino Unido, nas quais, apesar do desconhecimento dos princípios da Construção Enxuta (inexistentes na época) herdava-se uma tradição de racionalização e gerenciamento de obras repetitivas. São canteiros usados como protótipos e demonstrações experimentais na época, assistidas por aparato acadêmico fornecido por entidades de pesquisa voltadas à construção civil, e que, por conseguinte, onde seria razoável esperar bom desempenho do processo produtivo.

MÉTODO DE PESQUISA E CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

Esta pesquisa utiliza como delineamento a análise da bibliográfica e a contraposição dos achados com as evidências colocadas em trabalhos de campo que apontam para

a falta de estabilidade no processo produtivo e suas consequências para as durações, precedências, fluxos, sequencias e variabilidade na produção. Assim, se caracteriza como um trabalho que se apoia em pesquisa bibliográfica e documental.

A construção civil, pela sua própria natureza, pode ser entendida como operando em condições complexas e dinâmicas, a beira do caos [5]. Por vezes, segundo os autores, este limite é ultrapassado. Com base na perspectiva gráfica da LBMS é possível ilustrar o desvio entre os ritmos planejados e reais de uma obra, concluindo pelo aspecto caótica da representação do progresso em obra [6]. Por outro lado, pode-se explorar a aparente complexidade como fruto apenas de um problema de representação gráfica das linhas de fluxo e do problema intratável de escolha matemática da sequência de trabalho, pelo seu aspecto combinatorial [7]. Em [8] tem-se análises gráficas da não conformidade entre planejado e real em obras de construção civil, o que não foi, infelizmente, aprofundado na ocasião (2006), sendo estas análises aqui retomadas.

A simulação computacional tem sido usada para associar a boa *performance* operacional e emprego conjunto de vários princípios da produção enxuta [9], com a possibilidade de uso de inúmeros conceitos e técnicas simultaneamente. No caso da inexistência de informações obtidas em experiências práticas, propõe-se a utilização de dados paramétricos para dar início aos primeiros esboços de uma programação por fluxos (linha de balanço) [10]. O argumento é que a falta de dados reais, detalhados, específicos para o projeto em mãos, não deve impedir a programação de obra, sendo posteriormente feito o comparativo entre o planejado e o real.

Apesar dos esforços acadêmicos, o conceito de fluxo não está conquistando a gerência da construção [11]. Seguem-se diversos artigos reconhecendo a descontinuidade dos trabalhos em obra, falhas na aplicação do planejamento *Takt* e LBMS, geralmente expressos pelo descolamento entre o planejado e o real [12], [13], [14] e [15]. Os autores em [16] mostram-se pessimistas quanto a aplicabilidade da LBMS mesmo diante da existência de banco de dados estruturados sobre produtividade para predizer os fluxos operacionais. O desalento é atribuído a possibilidade de trabalho fora de sequência, pouca terminalidade e ataque simultâneo e desordenado em várias frentes, sem intensidade de esforço produtivo em cada uma delas. Segundo [17] as técnicas de programação engendradas no nível gerencial precisam ser entendidas, aceitas e compromissadas junto ao pessoal de obra, para, em termos práticos, terem a possibilidade de sucesso em sua aplicação.

A utilização da programação de fluxos ao nível do plano estratégico (de longo prazo) de obras pode ser feita sem, em um primeiro momento, a exigência de funcionalidade ao nível operacional [18]. A integração entre as técnicas de programação, no caso a LBMS e o *Last Planner System* (LPS), propicia a interação das informações sobre o gerenciamento do canteiro, formando o arcabouço das intenções e compromissos que podem (ou não), posteriormente, resultarem em diferentes níveis efetivamente observados de desempenho real das operações [19]. Neste sentido, ao discutir o paradoxo das técnicas CPM/PERT serem tão criticadas, mas ainda de uso generalizado, levanta-se a hipótese de que estas técnicas de programação de obra não têm sido

confrontadas com a realidade e, assim, suas premissas equivocadas não terem sido expostas [20].

Uma extensa bibliografia sobre pulmões entre as atividades (*buffering*) procura resolver os eventuais problemas de obra através do oferecimento para a gerência de mais tempo ou locais que possam ser trabalhados visando contornar dificuldades operacionais e comprometimento dos recursos. Existem tentativas conceituais e/ou probabilísticas de implantar uma programação de obra mais flexível, menos exigente e, por conseguinte, mais robusta [21] e [22], sem que isto esteja lastreado em dados de produtividade reais, definição de funções de probabilidade estatística para durações e considerações sobre o caráter imperioso ou não das reais precedências de serviços em obra.

Na expectativa da existência de dados de campo sobre durações, produtividades e sequências nos canteiros, assim como de suas eventuais discrepâncias entre o planejado e o real, surge a ideia de indicadores ou métricas para avaliação de desempenho [23]. Imagina-se que estas métricas sejam aplicáveis a partir de um ponto de mínima organização do canteiro e de seus fluxos. Segundo os autores, a formulação de uma linha de base com certa estabilidade é necessária para que comparações possam ser feitas: estas linhas de base podem ser informadas a partir do consenso entre consultores e praticantes da construção enxuta.

No entanto, os mesmos pesquisadores contestam esta assertiva ao comentar que esta informação é fornecida por quem, possivelmente, não teve a necessária experiência prática para comparar planos e realidades [24]. Ademais, em particular quanto ao planejamento takt, o nivelamento da carga de trabalho em vários locais, no caso não repetitivos, dispostos ao longo do espaço, necessita de métricas mais sofisticadas e maior quantidade de dados [25], o que aumenta a carga gerencial [26].

Diante da tarefa complexa e gerencialmente demandante da aplicação de técnicas de fluxo, os articulistas em [27] lançam as bases de um modelo de maturidade para aplicação do planejamento *Takt*. Útil em termos acadêmicos, necessário para o ensino didático de como implantar técnicas de planejamento em geral, o modelo prescritivo de maturidade deverá ser testado ao longo do tempo, diante dos aspectos reais de um canteiro de obras e sua gerência em diversos níveis: madura deverá ser a aplicação e seus resultados reais, não as intenções para fazê-la e o desempenho prometido.

A partir da experiência na implantação de técnicas gerenciais atualizadas em Israel, os pesquisadores [28] insistem nos aspectos absolutamente operacionais do canteiro, refletidos na chamada micro variabilidade. Na ocasião, as técnicas gerenciais disponíveis não contemplavam as idiossincrasias da organização do trabalho em obra, ilustradas no caso específico, pelo trabalho dos subempreiteiros e suas múltiplas e sequenciais visitas ao canteiro.

O estudo a seguir referenciado aponta para o aparecimento de novas e inesperadas atividades que surgem no canteiro e que precisam ser acomodadas na programação original de atividades, necessitando que esta seja flexível para acomodar estes trabalhos adicionais [29]. Porém, as atividades já poderiam ser planejadas

antecipadamente, conhecendo-se, através da experiência prática, as reais restrições e impedimentos para a realização de forma eficiente das atividades no canteiro [30].

Em princípio, novas e inesperadas atividades estariam ligadas àquelas que foram apontadas como ausentes, obrigando o trabalho a ser realizado em caráter de *making do* [31] (traduzido como fazendo com o que se tem). Este trabalho seminal sobre o tema deu origem a uma grande quantidade de artigos na literatura. Todavia, diferentemente da tônica das pesquisas explorando este conceito, chama-se a atenção aqui que em grande parte estas atividades não são novas e nem inesperadas (como projetos não executados, materiais não entregues, inadequação do suprimento de mão obra ou atividades predecessoras não concluídas). A categorização de novas e inesperadas atividades deveriam ser associadas a atividades não óbvias para o melhor desempenho de um serviço. Estas não obviedades estariam ligadas ao acúmulo de experiências e as lições aprendidas em obras anteriores que teriam conduzido ao bom desempenho operacional do trabalho [30].

Persiste a dificuldade de entender como especificar os detalhes de uma operação em obra [32]. O uso da técnica conhecida como *Advanced Work Packaging* (AWP) pode direcionar o esforço gerencial para aquilo que, por hipótese, garante o desempenho operacional do processo produtivo [33]. Como exemplo tem-se a consideração da construtibilidade de um serviço em obra e sua relação com a tolerância dimensional exigida. Tolerâncias adequadas minoram os problemas de continuidade em obra por sua contribuição para sanar eventuais dificuldades de ajuste das interfaces dos vários componentes [34].

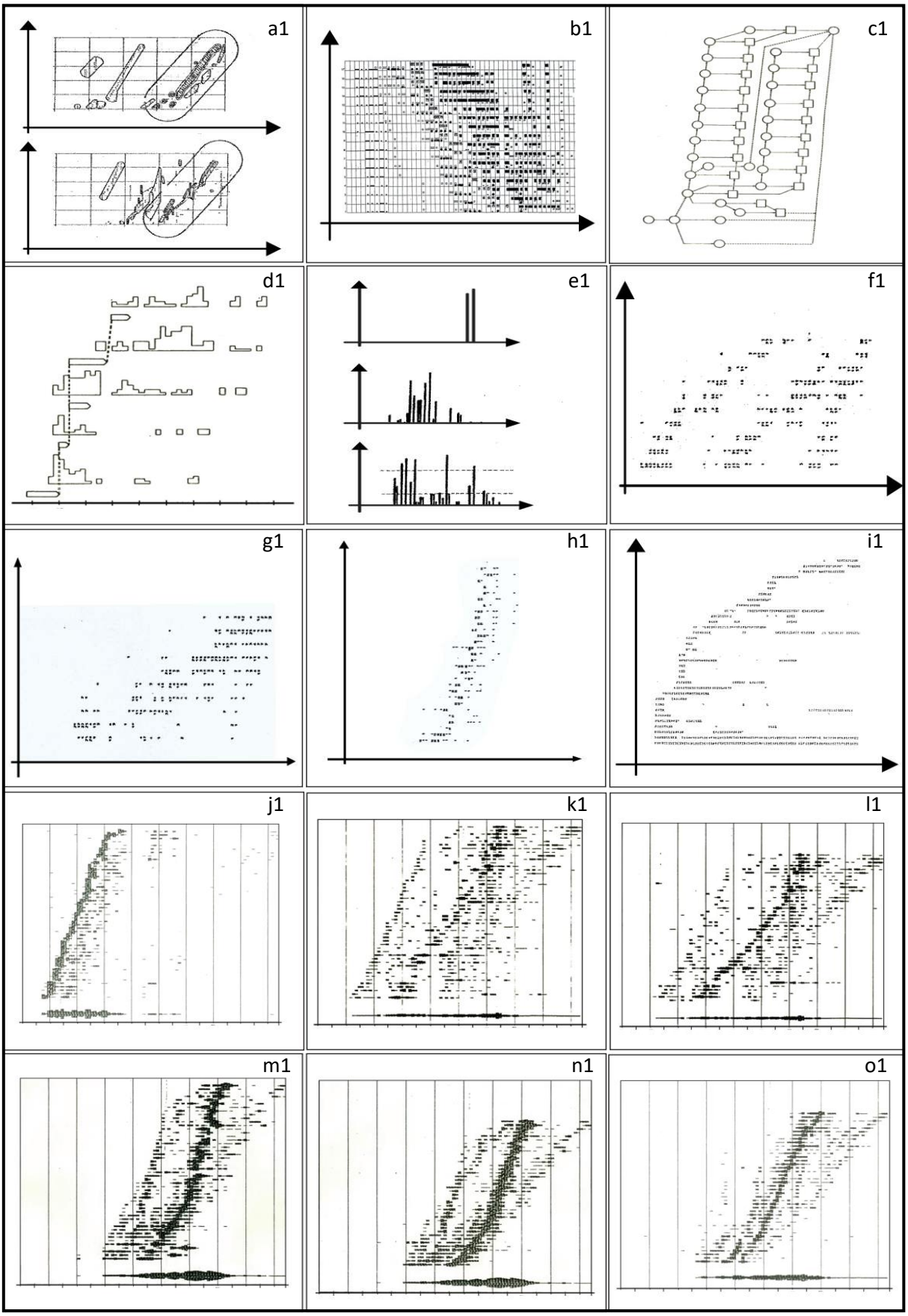
Outros trabalhos direcionam-se a discussão sobre as dificuldades ou descontinuidades do fluxo produtivo devidas ao nível de conhecimento e decisões pessoais dos operários envolvidos [35]. O conhecimento local e momentâneo da realidade do canteiro por parte dos trabalhadores propicia a aderência (ou não) ao planejamento *Takt* previamente estabelecido [36].

As condições em que os serviços das atividades predecessoras foram entregues para as sucessoras norteiam o sucesso da programação em fluxo [37]. A terminalidade é determinante para a continuidade das operações em termos de fluxos unitários.

DISCUSSÕES E RESULTADOS

Diante do referencial teórico apresentado anteriormente, com inúmeras avenidas de investigação para atestar as reais possibilidades de sucesso no planejamento, execução e controle de obras através dos conceitos de fluxo, este trabalho busca evidências na produção acadêmica anterior de um dos autores do trabalho (Figura 1). Estas evidencias são corroborados pela experiência obtida pelo *Building Research Establishment*, U.K. (BRE) [38], [39], [40] e [41]. A linha do argumento vai no sentido de informar que, nesta análise documental em particular, não foram encontrados elementos para corroborar o conceito de fluxo em obra, a não ser em um grau de agregação elevado de atividades.

Figura 1: Coletânea de gráficos sobre descontinuidade em obra



Fonte: Adaptado [38], [39], [40] e [41].

A Figura a1 mostra o processo de trabalho em obras europeias a partir de um levantamento do *Committee on Housing da Onu* (1965) [42] ao estudar o efeito aprendizagem em grandes conjuntos habitacionais da época de reconstrução da Europa depois da Segunda Guerra. As atividades seguem, em princípio, o andamento de uma linha de balanço, mas com espalhamento das atividades (trabalho sendo executado simultaneamente, em paralelo, em várias unidades de repetição). Isto é presenciado de maneira mais intensa na Figura b1, retirada de um estudo na Irlanda [43]. As atividades, colocadas graficamente na forma de uma linha de balanço, de cima para baixo, ocupam todo o período de construção, mormente para as etapas finais de execução, assinaladas com maior intensidade da cor preta.

A Figura c1, retirada de [44], modela o processo produtivo usando redes de precedência com relações início-início e fim-fim. Diante da impossibilidade de usar o conceito usual da linha de balanço, ou seja, de que para um mesmo serviço se tem o término da atividade para dar início ao trabalho na unidade subsequente, a programação é tal que admite a realização das atividades em paralelo, sujeitas apenas as relações de início-início e fim-fim. Para a mesma publicação um corolário, comparando o planejado e o real, é descrito na Figura d1. Um gráfico de barras representa as durações de 5 atividades (para uma unidade de repetição - casas em um canteiro horizonta). A altura dos histogramas representa o esforço produtivo de acordo com a duração das atividades. Este esforço mostra-se variável e disperso ao longo do tempo.

Os dados provenientes da tese de doutorado de um dos autores deste presente trabalho [40] têm a forma apresentada na Figura e1. Na parte superior da figura tem-se a exemplificação para uma atividade, em uma unidade de repetição, que dura apenas 2 semanas, tendo intensidade de esforços produtivos (número de horas-homem alocadas por semana) semelhantes.

Já na parte intermediária da Figura e1, a alocação de homens-hora para uma segunda atividade se dá ao longo de várias semanas, com interrupções, e seguindo grosseiramente a forma de uma curva S desagregada [45]: alocações iniciais pequenas, atingindo um pico e posteriormente voltando a declinar. Já na parte inferior da figura tem-se, para uma terceira atividade em uma unidade de repetição, um comportamento mais caótico: muitas semanas com alocações variáveis, interrupções na alocação ao longo do eixo do tempo (eixo dos x) e nenhuma definição de um eventual modelo de alocação, como o prescrito pela curva S desagregada. Não é visível na figura, mas a alocação média de mão de obra em cada semana é muito baixa.

As Figuras f1, g1 e h1 denotam como os dados foram extraídos em tabelas do software de obtenção dos dados (*Building Research Establishment Site Activity Analyses Package* - BRE/SAAP) [40]. No eixo dos x se tem o tempo marcado em semanas; no eixo dos y se têm as várias unidades de repetição, que para três canteiros de obras foram analisados a partir de 10, 29 e 49 blocos de repetição. Cada bloco compreende um certo número de casas de um, dois ou três pavimentos, na faixa de três a 10 casas (paredes geminadas aconselhavam a realização das análises por blocos em lugar de uma individualização por casas). Em cada célula, correspondente a semana e unidade

de repetição, tem-se o número de horas alocadas ao serviço, obtidas pela técnica das observações instantâneas. Estes números estão ilegíveis pela compactação das figuras aqui apresentadas.

A Figura f1, dedicada ao projeto conhecido como *Ladygate Lane* com 10 blocos de repetição, parece indicar que a atividade em questão foi realizada em três sub-operações, com uma reunião de duas destas sub-operações no final da execução do serviço. A duração do conjunto das três sub-operações (ou mesmo de cada uma individualmente) é extensa, o que denotaria a baixa alocação média de recursos presenciada anteriormente na Figura e1. Já a Figura g1 não permite a distinção de sub operações feitas para este serviço, com durações elevadas em cada um dos 10 blocos.

Por outro lado, a Figura h1 relativa a outra operação, no conjunto habitacional conhecido como Pitcoudie 1 com 29 blocos, mostra o que se esperaria de um canteiro conduzido de forma racional: a atividade é distinta, com apenas um momento de esforço produtivo definido, ainda que a duração, de início ao fim deste esforço em cada unidade de repetição, possa ser excessiva, denotando novamente baixa alocação média de mão de obra.

O padrão de descontinuidade ou de falta de concentração de esforço pode ser também avaliado pela Figura i1, apresentando o número de horas despendidas pelo conjunto de 35 serventes em uma obra assemelhada as que estão aqui em análise. No eixo do x tem-se a duração da obra, enquanto o eixo y denota a presença de cada um dos operários. Alguns operários permaneceram todo o tempo na obra, mas a característica marcante é a rotatividade e o pequeno e variável número de semanas que os operários permaneceram no canteiro.

As Figuras que se seguem, de j1 até m1, seguem o mesmo padrão, agora para terceira obra com 49 blocos de repetição (Pitcoudie 2). Para se obter uma imagem do que estava acontecendo em termos de progresso físico em obra, os números de horas de alocação em cada unidade de repetição, a cada semana, foram substituídos pela intensidade da cor preta. Quanto mais intensa a cor, maior o número de horas alocadas naquela semana, denotando que ali se concentrava o esforço produtivo que fazia a atividade de fato progredir. Assim, a Figura j1 é análoga a Figura h1, mas agora com 49 blocos dispostos ao longo do eixo y. Há um esforço claro no início da atividade, bem ordenado ao longo dos 49 blocos. Chama a atenção, no entanto, que a largura da faixa de alocação de recursos (o paralelogramo típico da linha de balanço) tem uma base alargada [46].

Já a Figura k1, para outra atividade, com 49 repetições, corrobora o argumento do presente trabalho: a atividade se desenrola por um grande período de tempo - de fato da mesma ordem de grandeza da duração total de execução do canteiro. No entanto, um escrutínio mais aprofundado mostra que é possível obter alguma lógica no progresso desta atividade. Para tal, fez-se com que o ordenamento do eixo dos Y, ou seja, a ordem de ataque aos blocos, fosse função de um mínimo número de horas alocadas em uma semana (indicando que a atividade tinha efetivamente começado).

As Figuras k1, l1 e m1 se referem a mesma atividade, mas com números indicativos de início da atividade diferentes. Claramente vai aparecendo que o esforço produtivo

se concentra, de maneira ordenada, em um certo momento do desenrolar da atividade em cada unidade de repetição. No início, este esforço maior se dá nos últimos momentos de realização da atividade nos primeiros blocos de repetição. Já no final da execução deste serviço ao longo dos 49 blocos, o esforço é concentrado mais para os primeiros instantes da execução da atividade.

O mesmo ocorre para as Figuras n1 e o1, para diferentes serviços, ainda com 49 unidades de repetição. De maneira geral, este melhor ordenamento e identificação da intensidade de trabalho continua associado com durações elevadas da atividade, ou, colocado em termos gráficos, com um paralelogramo com base dilatada e esforços esparsos e variáveis ao longo do tempo. Estas situações colocam limites na capacidade de gerenciar o canteiro em função da terminalidade das operações, do número de visitas efetuadas a cada semana às diversas unidades de repetição em aberto e ao próprio controle de quanto foi executado em cada serviço.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram identificados falhas e descolamentos das atividades planejadas em relação às efetivamente executadas, tanto nos artigos descrevendo o LBMS como o planejamento *Takt*. Isto foi reafirmado no exame da coleção de evidências disponíveis para um conjunto de 3 obras acompanhadas por um dos autores deste trabalho. Estes achados na pesquisa bibliográfica e documental precisam ser contrapostos, em trabalhos futuros, por exemplos de sucesso na execução de obras segundo os conceitos de fluxo.

As métricas existentes para a análise de fluxos devem ser calibradas para avaliar, a partir de que ponto pode-se considerar que a descontinuidade, a falta de sequência e os tamanhos variados de equipes foram parcialmente minimizados, em casos reais, quanto a seus efeitos na logística, na produtividade e na motivação dos operários.

Como sugerido, as técnicas de criar *backlogs* de serviços prontos para serem executados, remoção de restrições e criação de atividades de antecipação para os serviços, assim como uma maior participação e consciência dos operários, são elementos que podem aproximar os fluxos planejados daqueles que são possíveis diante da eventual complexidade das obras.

REFERÊNCIAS

[1] KANKAINEN, J.; SEPPÄNEN, O. A Line-of-Balance Based Schedule Planning and Control System. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 11, Virginia, 2003. **Proceedings [...]** Virginia: IGLC, 2003, p. 132-143.

[2] POWER, W.; SINNOTT, D.; LYNCH, P. An Examination of IGLC Takt Literature - Learnings & Opportunities. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 31, Lille, 2023. **Proceedings [...]** Lille: IGLC, 2023, p. 1557-1569. doi.org/10.24928/2023/0218

[3] HAGHSHENO, S.; BINNINGER, M.; DLOUHY, J.; STERLIKE, S. History and Theoretical Foundations of Takt Planning and Takt Control. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 24, Massachusetts, 2016. **Proceedings [...]** Massachusetts: IGLC, 2016, p. 53-62.

[4] LUMSDEN, P., **The Line of Balance Method**, Pergamon Press, Industrial Training Division, Oxford, 1968, 71 p.

[5] BERTELSEN, S.; KOSKELA, L. Avoiding and Managing Chaos in Projects. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 11, Virginia, 2003. **Proceedings [...]** Virginia: IGLC, 2003.

[6] SEPPANEN, O.; KANKAINEN, J. Empirical Research on Deviations in Production and Current State of Project Control. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 12, Helsingør, 2004. **Proceedings [...]** Helsingør: IGLC, 2004.

[7] KENLEY, R. Dispelling the Complexity Myth: Founding Lean Construction on Location-Based Planning. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 13, Sydney, 2005. **Proceedings [...]** Sydney: IGLC, 2005, p. 245-251.

[8] WU, J.; SOIBELMAN, L. Graphical Analysis on Non-Conformances of Construction Production Processes: Ongoing Research and Case Study. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 14, Santiago, 2006. **Proceedings [...]** Santiago: IGLC, 2006, p. 393-405.

[9] AL-SUDAIRI, A. A.; DIEKMANN, J. E.; SONGER, A. D.; BROWN, H. M. Simulation of Construction Processes: Traditional Practices Versus Lean Principles. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7, California, 1999. **Proceedings [...]** California: IGLC, 1999, p. 39-50.

[10] MENDEZ, JR., R.; HEINECK, L. F. M. Preplanning Method for Multi-Story Building Construction Using Line of Balance. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6, Guarujá, 1998. **Proceedings [...]** Guarujá: IGLC, 1998.

[11] ROCHA, C. G.; WIJAYARATNA, K.; KOSKELA, L. Why Is Flow Not Flowing in the Construction Industry? In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 30, Edmonton, 2022. **Proceedings [...]** Edmonton: IGLC, 2022, p. 283-294. doi.org/10.24928/2022/0130

[12] APGAR, B.; SMITH, J. P. Do Failures in a Takt Plan Fit the FMEA Framework? In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 31, Lille, 2023. **Proceedings [...]** Lille: IGLC, 2023, p. 1383-1394. doi.org/10.24928/2023/0246

[13] LEHTOVAARA, J.; TOMMELEIN, I. D.; SEPPÄNEN, O. How a Takt Plan Can Fail: Applying Failure Modes and Effects Analysis in Takt Control. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 30, Edmonton, 2022. **Proceedings [...]** Edmonton: IGLC, 2022, p. 715-726. doi.org/10.24928/2022/0182

[14] GÖRSCH, C.; AL BARAZI, A.; SEPPÄNEN, O.; ABOU IBRAHIM, H. Uncovering and Visualizing Work Process Interruptions Through Quantitative Workflow Analysis. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 30, Edmonton, 2022. **Proceedings [...]** Edmonton: IGLC, 2022, p. 142-152. doi.org/10.24928/2022/0116

[15] BINNINGER, M.; DLOUHY, J.; HAGHSHENO, S. Flow in Takted Projects – A Practical Analysis of Flow and Resource Efficiency. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 27, Dublin, 2019. **Proceedings [...]** Dublin: IGLC, 2019, p. 1271-1282. doi.org/10.24928/2019/0228

[16] SEPPÄNEN, O.; EVINGER, J.; MOUFLARD, C. 2013. Comparison of LBMS Schedule Forecasts to Actual Progress. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 21, Fortaleza, 2013. **Proceedings [...]** Fortaleza: IGLC, 2013, p. 569-578.

[17] ALHAVA, O.; RINNE, V.; LAINE, E.; KOSKELA, L. Can a Takt Plan Ever Survive Beyond the First Contact With the Trades On-Site? In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 27, Dublin, 2019. **Proceedings [...]** Dublin: IGLC, 2019, p. 453-464. doi.org/10.24928/2019/0261

[18] MURGUIA, D.; RATHNAYAKE, A.; MIDDLETON, C. Master Schedule Optimisation With the Use of Flowlines and Performance Data. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 31, Lille, 2023. **Proceedings [...]** Lille: IGLC, 2023, p. 1463-1474. doi.org/10.24928/2023/0121

[19] SEPPÄNEN, O.; MODRICH, R.; BALLARD, G. Integration of Last Planner System and Location-Based Management System. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 23, Perth, 2015. **Proceedings [...]** Perth: IGLC, 2015, p. 123-132.

[20] KOSKELA, L.; HOWELL, G.; PIKAS, E.; DAVE, B. If CPM Is So Bad, Why Have We Been Using It So Long. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 22, Oslo, 2014. **Proceedings [...]** Oslo: IGLC, 2014, p. 27-37.

[21] BATAGLIN, F. S.; VIANA, D. D.; COELHO, R. V.; TOMMELEIN, I. D.; FORMOSO, C. T. Buffer Types and Methods of Deployment in Construction. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 29, Lima, 2021. **Proceedings [...]** Lima: IGLC, 2021, p. 849-858. doi.org/10.24928/2021/0171

[22] POSHDAR, M.; GONZÁLEZ, V. A.; BELAYUTHAM, S. An Inclusive Probabilistic Buffer Allocation Method. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 23, Perth, 2015. **Proceedings [...]** Perth: IGLC, 2015, p. 183-192.

[23] HARONIAN, E.; KORB, S.; Towards a Flow-Based Disruption Metric: A Case Study. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 31, Lille, 2023. **Proceedings [...]** Lille: IGLC, 2023, p. 344-352. doi.org/10.24928/2023/0212

[24] PRIVEN, V.; SACKS, R.; SEPPÄNEN, O.; SAVOSNICK, J. A Lean Workflow Index for Construction Projects. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 22, Oslo, 2014. **Proceedings [...]** Oslo: IGLC, 2014, p. 715-726.

[25] SINGH, V. V.; TOMMELEIN, I. D. Workload Leveling Metrics for Location-Based Process Design. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 31, Lille, 2023. **Proceedings [...]** Lille: IGLC, 2023, p. 1593-1604. doi.org/10.24928/2023/0244

[26] BINNINGER, M.; DLOUHY, J.; MÜLLER, M.; SCHATTMANN, M.; HAGHSHENO, S. Short Takt Time in Construction – a Practical Study. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 26, Chennai, 2018. **Proceedings [...]** Chennai: IGLC, 2018, p. 1133-1143. doi.org/10.24928/2018/0472

[27] LEHTOVAARA, J.; HEINONEN, A.; LAVIKKA, R., RONKAINEN, M.; KUJANSUU, P., RUOHOMÄKI, A.; ÖRMÄ, M.; SEPPÄNEN, O.; PELTOKORPI, A. Takt Maturity Model: from individual Successes towards Systemic Change in Finland. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 28, Berkeley, 2020. **Proceedings [...]** Berkeley: IGLC, 2020, p. 433-444. doi.org/10.24928/2020/0017

[28] BRODETSKAIA, I.; SACKS, R. Understanding Flow and Micro-Variability in Construction: Theory and Practice. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 15, East Lansing, 2007. **Proceedings [...]** East Lansing: IGLC, 2007, p. 488-497.

[29] GUPTA, A.; DEVKAR, G. Investigating Emergence of 'New Tasks' in Last Planner® System: Social Network Perspective of Planning Behaviours. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 31, Lille, 2023. **Proceedings [...]** Lille: IGLC, 2023, p. 1314-1325. doi.org/10.24928/2023/0208

[30] SANTOS, D. G.; GROSSKOPF, J.; SOUZA, A. M.; SANTOS NETO, A. T. D.; HEINECK, L. F. M. Utilization of Extra Planning Activities by Construction Companies in Sergipe, Brazil. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 20, San Diego, 2012. **Proceedings [...]** San Diego: IGLC, 2012.

[31] KOSKELA, L. Making-Do — the Eighth Category of Waste. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 12, Helsingør, 2004. **Proceedings [...]** Helsingør: IGLC, 2004.

[32] FAZINGA, W. R.; SAFFARO, F. A.; ISATTO, E. L.; KREMER, A. Difficulties in Work Design in the Construction Sector. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 24, Massachusetts, 2016. **Proceedings [...]** Massachusetts: IGLC, 2016.

[33] REBAI, S.; ALBALKHY, W.; HAMDI, O.; LAFHAJ, Z. Lean Construction and AWP: Similarities, Differences and Opportunities. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 31, Lille, 2023. **Proceedings [...]** Lille: IGLC, 2023, p. 1428-1439. doi.org/10.24928/2023/0258

[34] MILBERG, C. Tolerance Considerations in Work Structuring. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 15, East Lansing, 2007. **Proceedings [...]** East Lansing: IGLC, 2007, p. 233-243.

[35] HALTTULA, H. P. I.; SEPPÄNEN, O. Situational Awareness in Construction Projects Using Takt Production. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 30, Edmonton, 2022. **Proceedings [...]** Edmonton: IGLC, 2022, p. 164-174. doi.org/10.24928/2022/0119

[36] PIKAS, E.; SACKS, R.; PRIVEN, V. Go or No-Go Decisions at the Construction Workface: Uncertainty, Perceptions of Readiness, Making Ready and Making-Do. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 20, San Diego, 2012. **Proceedings [...]** San Diego: IGLC, 2012.

[37] ANDREASSEN, M.; DREVLAND, F. Handoffs Between Takt Train Wagons: a Systematic Literature Review. In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 31, Lille, 2023. **Proceedings [...]** Lille: IGLC, 2023, p. 1487-1497. doi.org/10.24928/2023/0130

[38] HEINECK, L. F. Some causes of the variability of the level of resources assigned to building sites programmes of work. 1982. **Internal Report** - Department of Civil Engineering, University of Leeds, England, 1982. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/149130/001002552-02.pdf?sequence=2&isAllowed=y Acesso em: 20 abr 2024.

[39] HEINECK, L. F. On the analysis of activity durations, precedence and sequence of work on housebuilding sites of repetitive nature – graphical software to enhance the printed output from the Building Research Establishment Site Analysis Package. **Internal Report** - Department of Civil Engineering, University of Leeds, England, 1982. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/149019/000011837.pdf?sequence=1 Acesso em: 20 abr 2024.

[40] HEINECK, L. F. The examination of possible causes of the lack of success in the application of programming techniques to building sites. 1982. **Internal Report** - Department of Civil Engineering, University of Leeds, England, 1982. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/149130/001002552-03.pdf?sequence=3&isAllowed=y Acesso em: 20 abr 2024.

[41] HEINECK, L. F. **On the analyses of activity durations on three house building sites**. 1983. 275f. Thesis (PhD. in Civil Engineering) - Department of Civil Engineering, University of Leeds, England, 1983. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/149019/000011837.pdf?sequence=1 Acesso em: 20 abr 2024.

[42] COMMITTEE ON HOUSING, BUILDING AND PLANNING, ECONOMIC COMMISION FOR EUROPE, UNITED NATIONS. **Effect of Repetition on Building Operations and Processes on Site** – report of an Inquiry undertaken by the Committee on Housing, Building and Planning, New York, United Nations, 1965.

[43] SHANLEY, L. F.; KEANEY, B. J. An Examination of Labour Content in Housing. **Ann Foras Forbartha**, Dublin, Ireland, May 1970.

[44] RODERICK, I. F. Examination of the Use of Critical Path Methods in Building. **Building Research Establishment** Current Paper n. 12/77, BRE, Garston, U.K., March 1977.

[45] HEINECK, L. F. M. Curvas de Agregação de Recursos no Planejamento e Controle da Edificação – aplicação a obras e a programas de construção. **Caderno de Engenharia CE-31/89,** Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 49p., 1989.

[46] VERAS, V. C. de P.; MIRANDA FILHO, A. N. de; HEINECK, L. F. M.; BERTINI, A. A. Trabalho aprovado. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20, Alagoas, 2024 Anais [...] Alagoas: ENTAC, 2024.