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]PROGRAMAÇÃO DO PACOTE DE TRABALHO DAS ATIVIDADES DA ESTRUTURA: ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÃO EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO LOCAL

SCHEDULING OF THE STRUCTURAL ACTIVITY WORK PACKAGE: A CASE STUDY IN ON-SITE CAST-IN-PLACE CONCRETE WALL BUILDING

Elton Elias dos Santos Soares
Instituto Federal de Sergipe | Estância, Sergipe | eltonelias11@hotmail.com

Herbert Melo Cruz
Instituto Federal de Sergipe | Estância, Sergipe | hmc_014@hotmail.com

RESUMO

O sistema de paredes de concreto é uma alternativa que vem sendo utilizada pelo setor para melhorar a produtividade e reduzir custos. Para tanto, sua aplicação necessita de um eficiente sistema de planejamento e controle, o que muitas empresas ainda não dispõem. Visando contribuir com a literatura sobre o planejamento de atividades do sistema de paredes de concreto, este trabalho analisou o ciclo do pacote de trabalho das atividades da estrutura de uma obra de paredes de concreto, identificando a composição de atividades e analisando suas interdependências através de técnicas de programação. A metodologia consistiu em um estudo de caso em uma obra, com observações diretas, análise documental e levantamento de informações com profissionais envolvidos. Para a análise, foram utilizados dois métodos de programação: a rede PERT/CPM e o cronograma de Gantt. Como resultados, foi possível identificar 21 atividades e suas durações, definindo-se o sequenciamento e calculando-se os tempos mais cedo e mais tarde. Com a elaboração da rede, foi traçado o caminho crítico contendo 13 atividades, já outras oito apresentavam folgas. A partir do cronograma foi possível ter uma melhor visualização da ocorrência da interrelação entre os dois ciclos do pacote da estrutura, em que foi identificada como ponto chave a ocorrência das atividades de desforma e montagem de fôrmas para que fossem garantidas as entregas de duas concretagens por semana, resultando na conclusão de um pavimento completo. O caso apresentado nesta pesquisa pode ser utilizado didaticamente, para treinamentos de mão de obra e auxílio na tomada de decisão por equipe técnica ou gerencial.

Palavras-chave: Paredes de Concreto; Pacote de trabalho; Planejamento; Técnicas de programação.

ABSTRACT

The cast-in-place concrete wall system is an alternative that has been utilized by the industry to enhance productivity and reduce costs. However, its successful implementation requires an efficient planning and control system, which many companies still lack. In order to contribute to the existing literature on activity planning for cast-in-place concrete wall systems, this study analyzed the structural work package cycle of a concrete wall construction project, identifying the composition of activities and analyzing their interdependencies using programming techniques. The methodology involved a case study on a construction site, with direct observations, document analysis, and information gathering from professionals involved. Two programming methods were employed for the analysis: PERT/CPM network and Gantt chart. As a result, 21 activities and their durations were identified, and the sequencing was determined along with the calculation of the earliest and latest times. The network analysis revealed a critical path consisting of 13 activities, while the remaining eight activities had slack. The schedule provided a better visualization of the interrelation occurrence between the two cycles of the structural package, with the activities of form removal and formwork assembly identified as key points to ensure the delivery of two concrete pours per week, resulting in the completion of a full floor. The case presented in this research can be used didactically for workforce training and as a decision-making tool by technical or managerial teams.

Keywords: *Concrete walls; Work package; Planning; Programming techniques.*

1 INTRODUÇÃO

A competitividade no setor da construção civil tem impulsionado a adoção de novas técnicas fundamentadas na eficiência e eficácia e tem levado a uma modernização do setor. De acordo com Böes e Patzlaff (2016), tal modernização tem se baseado em novas tecnologias de gestão proporcionando qualidade e inibindo gastos desnecessários no canteiro de obra. Para Abreu (2019), estas melhorias estão relacionadas intrinsecamente com o controle e a programação da obra.

[1]SOARES, E. E. S.; CRUZ, H. M. Programação do pacote de trabalho das atividades da estrutura: estudo de caso em edificação em paredes de concreto moldadas no local. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 13., 2023, Aracaju. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2023.

No Brasil, o Sistema de Paredes de Concreto Moldadas no Local (SPCML) tem sido aplicado nesse contexto. Este sistema relaciona o planejamento das atividades, a produtividade, velocidade, baixo custo e qualidade em edificações com alta repetitividade (THIYAGARAJAN; PANNERSELVAM; NAGAMANI, 2017). De acordo com Misurelli e Massuda (2009), o SPCML possui facilidade na sua instalação, velocidade em execução, permitindo o rápido cumprimento de prazos na obra, qualidade e economia nos materiais utilizados, diferentemente do sistema convencional e da alvenaria estrutural. Por possuir estas características, este sistema tem seu uso comum em obras de habitação de interesse social, que visam a redução do déficit habitacional do país (SILVA, 2013).

Para efetivar os ganhos de produtividade que o SPCML apresenta, faz-se necessário um sistema de planejamento e controle eficiente para garantir a estabilidade da produção. Para isto, entender o processo de execução de forma detalhada é fundamental para prover as informações suficientes que possibilitem subsidiar o planejamento.

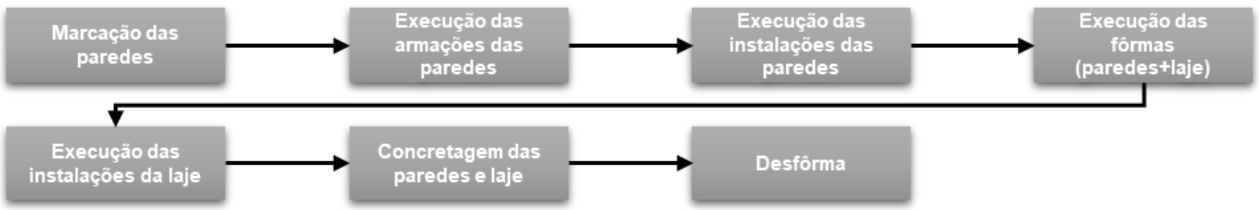
A pesquisa bibliográfica sobre a gestão do processo construtivo das paredes de concreto apontou diversos trabalhos (GÓES, 2013; ARÊAS, 2013; LOPES, 2016; ASMUS, 2019; SANTOS, 2021) que objetivaram detalhar as etapas de execução, comparações com outros sistemas, suas vantagens e desvantagens. Outros trabalhos seguem abordagens de estudo de caracterização mais específicas, tais como a produtividade (MELO et. al, 2014; ABREU, 2019) e atrasos (CRUZ; SANTOS; MENDES, 2017; SILVEIRA, 2018). De um modo geral, estes trabalhos contribuem com a base literária sobre o SPCML, que ainda é de recente formação ao se comparar com a de outros sistemas construtivos convencionalmente utilizados.

Seguindo a linha destes trabalhos supracitados, a presente pesquisa visou contribuir com a literatura ao fornecer informações para uso didático, para treinamentos de mão de obra e para auxílio na tomada de decisões pelas equipes técnicas e gestoras, ao direcionar sua abordagem para o planejamento a nível tático do SPCML, especificamente na programação do pacote de trabalho de atividades da estrutura. Assim, a pesquisa objetivou analisar o ciclo do pacote de trabalho das atividades da estrutura de uma obra do SPCML, identificando a sua composição e analisando suas interdependências através de técnicas de programação.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

O SPCML é utilizado em empreendimentos de grande volume de unidades seguindo procedimentos de fácil execução como as armações de telas metálicas e reforços estruturais, instalações elétricas, fôrmas, concretagem e desforma, além disso, para o revestimento final, pode-se utilizar a massa corrida ou placas cerâmicas, dispensando chapisco e reboco (THIYAGARAJAN; ANNERSELVAM; NAGAMANI, 2017). Observa-se então que este sistema elimina algumas etapas construtivas e proporciona a execução de outras de forma concomitante, como o ciclo estrutural que abrange a execução das paredes (estrutura, vedação e instalações). A Figura 1 apresenta o ciclo básico de produção do SPCML.

Figura 1: Ciclo de execução de paredes de concreto



Fonte: Adaptado de Abreu (2019).

A definição de pacotização das atividades é fundamental para este trabalho. Autores (MATTOS, 2019; BERNARDES, 2021) explicam o conceito de pacotes de trabalho como sendo baseado no agrupamento lógico de atividades de um projeto em partes menores e gerenciáveis, resultando em um conjunto de tarefas interrelacionadas e executadas em uma área específica. Para Bernardes (2021), a pacotização é importante para o planejamento e controle, pois permite a definição precisa das tarefas, alocação de recursos e estabelecimento de prazos para cada pacote de trabalho. Para que os pacotes sejam executados corretamente, é essencial que os seus pré-requisitos sejam cumpridos dentro do prazo adequado (KOSKELA, 2000).

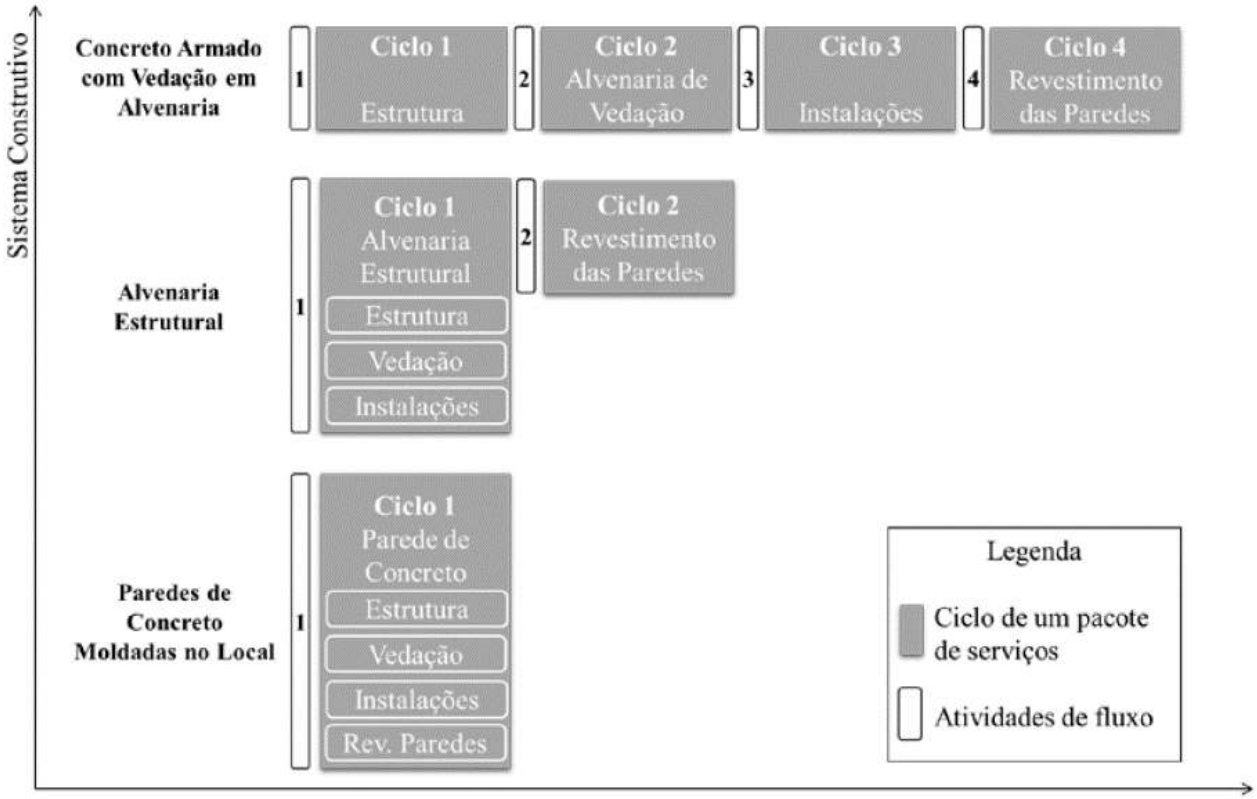
Koskela (1992) recomendou um grupo de 11 princípios para a execução da construção enxuta. Dentre eles, o princípio da simplificação através da minimização do número de passos e partes pode ser explicitamente observado no SPCML. Para este autor, a simplificação consiste na redução de componentes de um produto

ou etapas em um material ou fluxo de informações. Isso pode ser alcançado eliminando atividades que não agregam valor ao processo de produção ou reconfigurando partes ou etapas de valor agregado.

Ainda para Koskela (2000), o método da simplificação pode ser entendido quando estabelecidos pacotes de trabalho estritamente sequenciais, nos quais as atividades de interdependências são reduzidas e a organização e o planejamento da construção são assim simplificados. Quanto maior a complexidade de um sistema, maiores serão as dificuldades enfrentadas, pois a capacidade do ser humano de desenvolver atividades é limitada. Por isso, o método da simplificação é a redução de elemento ou partes essenciais constituintes de um sistema.

Cruz, Mendes e Santos (2018) mostraram que o princípio da simplificação justifica os ganhos do SPCML em relação a outros sistemas, principalmente reduzindo as atividades de fluxo. Os autores representam esta análise a partir da Figura 2.

Figura 2: Organização dos ciclos em diferentes sistemas construtivos



Fonte: Cruz, Mendes e Santos (2018).

Os autores supracitados explicam que uma das diferenças mais significativas entre os sistemas construtivos reside na quantidade de ciclos necessários para executar suas etapas, o que afeta diretamente a organização e a redução da duração do processo. A Figura 2 mostra justamente que ao reduzir a quantidade de ciclos é possível diminuir as atividades de fluxo, o que pode resultar em menos variabilidades, tais como atrasos na conclusão dos pacotes de trabalho, retrabalhos, falhas no produto que afetam o próximo serviço, entre outros ganhos.

3 MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia adotada para este trabalho foi o estudo de caso que, segundo Patton (2002), é apropriado para reunir informações sobre um fenômeno através de dados coletados por observações diretas e entrevistas, utilizando-se de questionários, roteiros e outras ferramentas. Baseando-se em Yin (2005), o estudo foi conduzido por meio de quatro etapas: Pesquisa bibliográfica; Definição das ferramentas de coleta; Formação da base de dados; Análise dos dados coletados.

A primeira etapa consistiu em uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, que foi sintetizada no tópico anterior deste trabalho, auxiliando na definição do objetivo da pesquisa. A segunda etapa objetivou elaborar as

ferramentas necessárias para a coleta de dados durante o estudo de caso: entrevista semiestruturada para equipe técnica e operários, roteiro de observações e registros fotográficos), que estão disponíveis online em:

https://drive.google.com/file/d/1rcWj7I8_bmIMFtlHgGUsYIGD75Nk7wWe/view?usp=sharing

O roteiro para entrevista inicial "Dados da obra" buscou levantar informações a respeito das características do empreendimento, da formação da equipe técnica e de produção, além de informações sobre as atividades da etapa de estrutura das paredes de concreto. Já o roteiro de entrevista "Equipe de produção", era direcionado para os operários e encarregados das equipes e visava catalogar dados sobre a execução das atividades em termos de distribuição de tarefas, profissionais envolvidos, duração e interdependência entre atividades. O roteiro de observações diretas aliado à planilha de registro fotográfico teve a função de auxiliar o pesquisador na catalogação dos dados durante a fase de campo, em relação a características da execução das atividades.

A terceira etapa foi relativa à formação da base de dados utilizando em campo as ferramentas elaboradas. Inicialmente, foi definida a obra objeto de estudo, que se deu por conveniência, já que a empresa construtora disponibilizou o acesso à obra para desenvolvimento de pesquisas e pela mesma adotar o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas no local, utilizando fôrmas de alumínio. Nesta fase do estudo de caso, o pesquisador acompanhou quatro semanas de obra, podendo desta forma identificar as etapas detalhadas que compunham o pacote de trabalho das atividades da estrutura que estava definido no planejamento da obra e foi disponibilizado pela equipe técnica. Para a identificação do sequenciamento e durações de cada atividade, além das observações diretas e entrevistas com os operários, foram coletados dados registrados no diário de obras. As características gerais da obra e de seu planejamento estão apresentadas no tópico 4.1.

A quarta etapa foi voltada à análise dos dados coletados, em que após identificadas as atividades e respectivas durações em campo, além do levantamento da interdependência entre as mesmas, foi possível estabelecer um sequenciamento e elaborar a rede PERT-CPM. A partir disto, foi possível calcular o Tempo de Início Mais Cedo (TIC), Tempo de Término Mais Cedo (TTC), Tempo de Início Mais Tarde (TIT), Tempo de Término Mais Tarde (TTT) e a Folga Total (FT) de cada atividade (Equação 1). Com estas informações, foi possível determinar o Caminho Crítico (CC).

$$FT = TTT - TIC - duração \quad (1)$$

Por fim, foi utilizada a técnica do diagrama de Gantt, elaborado através do MS Project e o MS Excel, com o objetivo de contribuir com a visualização da programação das atividades e interrelacionar os ciclos de execução da estrutura de cada pavimento da edificação.

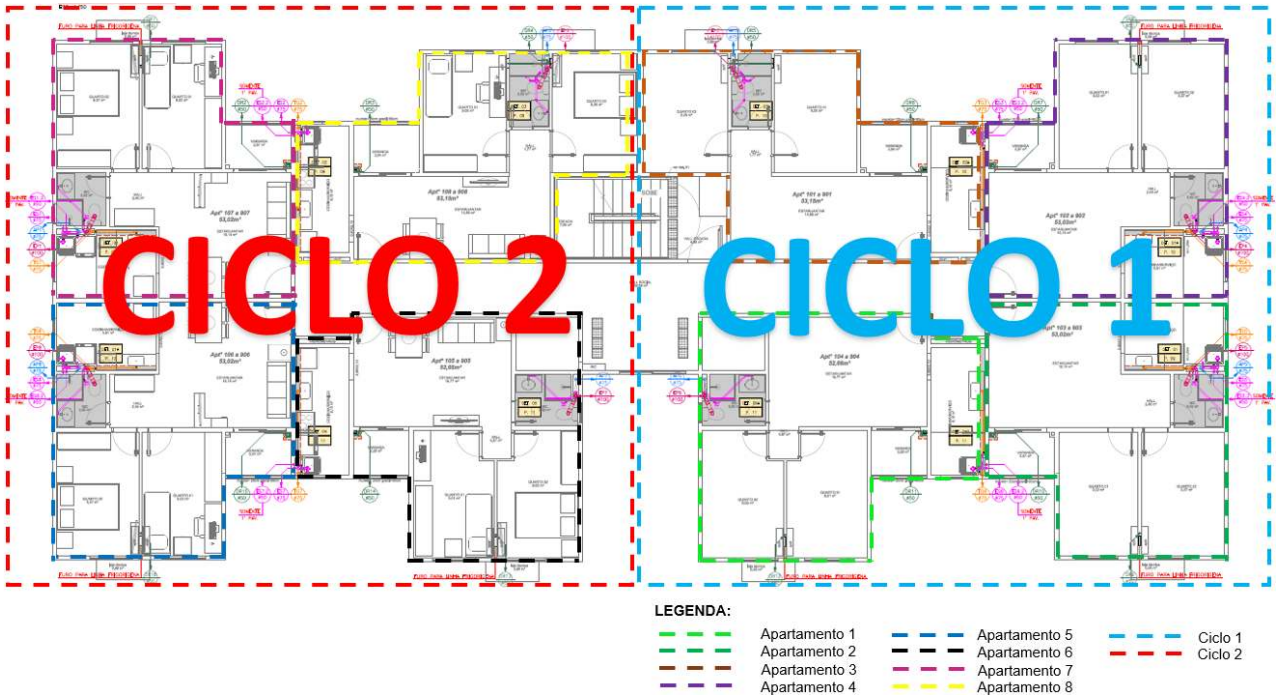
4 RESULTADOS

4.1 Caracterização da obra e de seu sistema de planejamento

A obra em estudo foi executada pela empresa X, localizada na grande Aracaju-SE e que possui mais de 30 anos de atuação, com mais de 4000 imóveis construídos. A Empresa X utilizava em suas obras o sistema construtivo convencional e o sistema PCML, em substituição ao sistema de alvenaria estrutural empregado anteriormente.

O empreendimento analisado consiste em um condomínio residencial de duas torres com 12 pavimentos cada, sendo 11 pavimentos tipos com oito apartamentos por pavimento e um térreo com sete apartamentos, compondo um total de 95 unidades em cada torre. As fôrmas metálicas utilizadas eram do tipo "Trepantes", e eram concretadas com concreto autoadensável de 30 MPa, tanto na confecção das paredes como também nas lajes. Em relação à execução do pacote de atividades da estrutura, o pavimento era divido em dois ciclos construtivos, conforme representado na Figura 3, com as seguintes características: Ciclo 1 composto pelos quatro primeiros apartamentos com volume de concreto de 72 m³; Ciclo 2, quatro apartamentos restantes mais a escada, com 73 m³ de concreto.

Figura 3: Ciclos de execução para o pacote de trabalho das atividades da estrutura



Fonte: Adaptado da empresa X.

Na obra havia dois engenheiros, divididos em campo e escritório, três estagiários e um mestre de obra. Esses dois últimos cargos tinham as funções de “líderes de equipe”, que eram responsáveis por coordenar os pacotes de trabalho em execução, em substituição da figura do encarregado de serviços. No pacote estrutural, o líder de equipe, por exemplo, era um dos estagiários.

4.2 Análise das atividades do pacote de trabalho da execução da estrutura

Conforme o planejamento da obra, as atividades eram agrupadas em pacotes de trabalho. O pacote da estrutura era composto por oito atividades, que, ao analisá-las de forma mais aprofundada, puderam ser decompostas em outras séries de atividades. Desta forma, foram identificadas por meio de observações e análise documental 21 atividades e suas respectivas durações. Foram analisadas também as interdependências entre as atividades, definindo suas predecessoras e sucessoras. Com isto, foi possível elaborar a Estrutura Analítica do Projeto (EAP) do pacote de atividades da estrutura, que está disposta no Quadro 1, juntamente com as demais informações. As etapas de execução numeradas no Quadro 1 têm suas imagens correspondentes disponíveis para visualização em álbum no *link*: https://photos.app.goo.gl/XrnsaLdK1NxwwuCy7.

Quadro 1: EAP (Estrutura Analítica do Projeto) do pacote de trabalho de atividades da estrutura

Código da foto	Atividades do pacote / Decomposição	Sigla	Predecessora	Duração (horas)
-	1 Locação das Paredes	-	-	-
1	1.1 Instalação de Dispositivo de Segurança	IDS	-	2
-	2. Marcação das Paredes + furos traspasse	-	-	-
2	2.1 Transferência de Eixos	TRA	IDS	2
-	3. Conferência níveis para assentamento fôrmas de alumínio	-	-	-
3	3.1 Verificação de Prumo e Esquadro das Fôrmas Metálicas (Paredes)	VPE	ESC	3
-	4. Armações e instalações	-	-	-
4	4.1 Corte e Dobra do Aço (Reforço Estrutural e Telas Metálicas)	CDA	-	3
5	4.2 Confecção de Kits Elétricos	CKE	-	3
6	4.3 Instalação de Telas Metálicas (Paredes)	ITM	CDA; TRA	5
7	4.4 Instalação dos Eletrodutos nas Telas Metálicas (Paredes)	IEP	CKE; ITM	4
8	4.5 Instalações de Armações de Aço na Laje	IAL	ESC	5
9	4.6 Instalações Hidrossanitárias	IHS	ESC	2
10	4.7 Instalação dos Eletrodutos na Laje	IEL	ESC	3
-	5. Fôrmas	-	-	-
11	5.1 Aplicação de desmoldante nas fôrmas metálicas e instalação das fôrmas metálicas nas marcações no piso	DFP	IEP	4
12	5.2 Aplicação de desmoldante nas fôrmas metálicas e instalação nas marcações do teto	DFT	DFP	3
13	5.3 Escoramento das Fôrmas da Laje	ESC	DFT	2
-	6. Concretagem	-	-	-
14	6.1 Concretagem	CON	VPE; IAL; IHS; IEL	3
-	7. Desforma + limpeza + desmoldante	-	-	-
15	7.1 Desforma e Limpeza das fôrmas das Paredes	DLP	CON	3
16	7.2 Cura Química das Paredes	CQP	DLP	2
17	7.3 Retirada das Escoras	RES	CON	1
18	7.4 Desforma e Limpeza das Fôrmas da Laje	DFL	RES	2
19	7.5 Cura Química das Lajes	CQL	DFL	1
-	8. Estucagem interna e externa da concretagem anterior	-	-	-
20	8.1 Mapeamento e Reparo das Fissuras	MRF	CQP; CQL	5
21	8.2 Estucagem	EST	MRF	3

Fonte: Os autores.

Para o auxílio do tratamento dos dados necessários para a elaboração da rede PERT-CPM foi construída a Tabela 1. Para cada atividade, foram definidos e numerados seus eventos conforme a coluna 2. Respectivamente, da coluna 4 até a coluna 8, estão dispostos os cálculos do Tempo de Início Mais Cedo (TIC), Tempo de Término Mais Cedo (TTC), Tempo de Início Mais Tarde (TIT), Tempo de Término Mais Tarde (TTT) e a Folga Total (FT) de cada atividade.

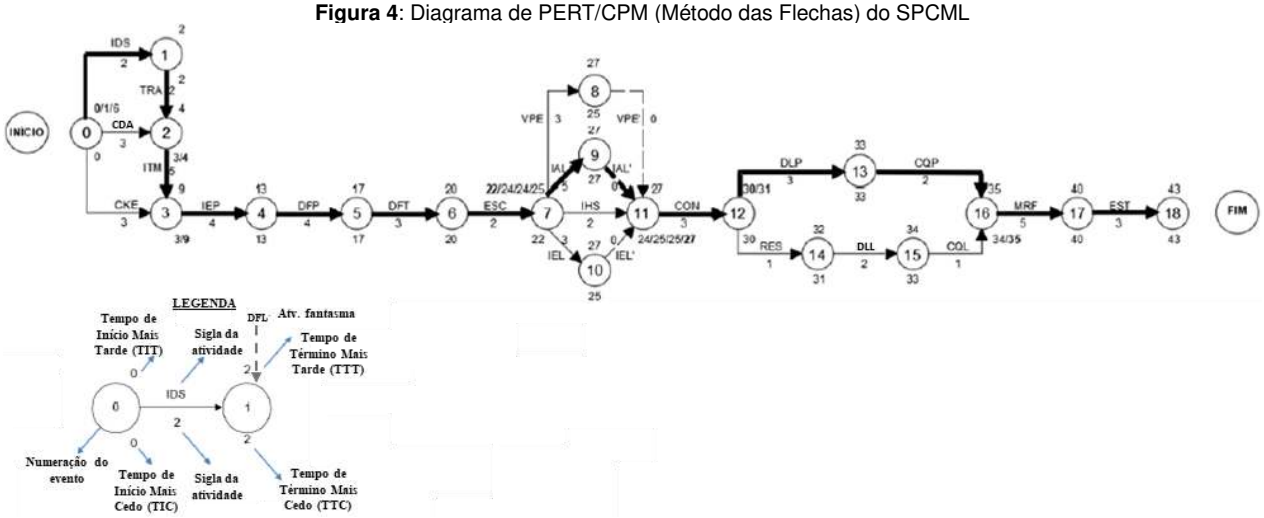
Tabela 1: Dados para elaboração da rede (eventos e tempos de ocorrência das atividades)

SIGLA DAS ATIVIDADES	EVENTOS DAS ATIIDADES	DURAÇÕES (horas)	TEMPO DE INÍCIO MAIS CEDO (TIC)	TEMPO DE TÉRMINO MAIS CEDO (TTC)	TEMPO DE INÍCIO MAIS TARDE (TIT)	TEMPO DE TÉRMINO MAIS TARDE (TTT)	FOLGAS (horas)
IDS	(0;1)	2	0	2	0	2	0
CDA	(0;2)	3	0	3	3	4	1
CKE	(0;3)	3	0	3	6	9	6
TRA	(1;2)	2	2	4	2	4	0
ITM	(2;3)	5	4	9	4	9	0
IEP	(3;4)	4	9	13	9	13	0
DFP	(4;5)	4	13	17	13	17	0
DFT	(5;6)	3	17	20	17	20	0
ESC	(6;7)	2	20	22	20	22	0
VPE	(7;8)	3	22	25	24	27	2
IAL	(7;9)	5	22	27	22	27	0
IEL	(7;10)	3	22	25	24	27	2
IHS	(7;11)	2	22	24	25	27	3
VPE'	(8;11)	5	22	25	24	27	2
IAL'	(9;11)	3	22	27	22	27	0
IEL'	(10;11)	2	22	25	24	27	2
CON	(11;12)	3	27	30	27	30	0
DLP	(12;13)	3	30	33	30	33	0
CQP	(13;16)	2	33	35	33	35	0
RES	(12;14)	1	30	31	30	32	1
DFL	(14;15)	2	31	33	32	34	1
CQL	(15;16)	1	33	34	34	35	1
MRF	(16;17)	5	35	40	35	40	0
EST	(17;18)	3	40	43	40	43	0

Fonte: Os autores.

Com os dados necessários, foi possível elaborar a rede PERT-CPM, conforme a Figura 4. Observa-se que três atividades (IDS; CDA; CKE) partem do evento 0 (inicial), dando início ao processo do pacote da estrutura. A rede finaliza no evento 18, com o término da atividade EST, após 43 horas.

Figura 4: Diagrama de PERT/CPM (Método das Flechas) do SPCML



Fonte: Os autores.

Entre os eventos 7 e 11 há três caminhos em paralelo para o fluxo da rede. Para evitar a duplicidade de código das atividades VPE, IHS e IEL, já que elas iniciariam e finalizariam nestes mesmos eventos, foram

incluídas atividades fantasmas VPE` e IEL`, resolvendo assim, os conflitos de numerações dos eventos. Vale ressaltar que estas atividades fantasmas são fictícias, ou seja, suas durações são nulas.

Pôde-se identificar o caminho crítico através das identificações das atividades que não tinham folgas. Das 23 atividades da rede, 14 pertencem ao caminho crítico, sendo uma destas, atividade fantasma (IAL`), ou seja, na prática não existe. Estas atividades críticas devem ser priorizadas pela gestão, pois, já que não dispõem de folgas, qualquer atraso na execução de alguma delas comprometerá a duração do pacote das atividades da estrutura, pois este sequenciamento é o que determina o tempo final (43 horas) da rede.

Das outras dez atividades restantes, duas são atividades fantasmas (VPE`; IEL`), ou seja, na prática não existem, e as outras oito possuem folgas (CDA; CKE; VPE; IHS; IEL; RES; DFL; CQL), podendo sofrer atrasos ou adiamentos nas suas execuções. A atividade CKE é a que possui maior folga (6 horas).

A partir da elaboração da rede, prosseguiu-se com a construção dos cronogramas de Gantt para os tempos mais cedo e os tempos mais tarde (Figura 5). Em comparação com a rede, observou-se mais facilmente as atividades com folgas, porém, o sequenciamento das atividades só pôde ser observado de forma mais detalhada com a inserção das setas em azul.

Comparando os dois cronogramas da Figura 5, as folgas puderam ser observadas através dos deslocamentos das atividades para a direita, representados por um tracejado (CDA, CKE, VPE, IHS, IEL, RES, DFL e CQL).

Ainda de acordo com a Figura 3, cada ciclo do pacote de trabalho da estrutura correspondia à metade de um pavimento. Apesar da duração do ciclo do pacote, conforme a rede (Figura 4), ser de 43 horas, era necessária a entrega de dois ciclos por semana para que fosse possível a realização semanal de um pavimento, com concretagens na quarta-feira e na sexta-feira, conforme previsto na programação. Desta forma, o segundo ciclo iniciava antes do término do primeiro, já que a principal interdependência entre eles se dava, principalmente, pela atividade de desforma, que liberava a utilização da forma para o ciclo posterior.

Analisando o sequenciamento da rede (Figura 4) e considerando que a desforma do ciclo 1 estaria totalmente concluída com a finalização da atividade DFL no evento 15 (com TTC=33 e TTT=34), a atividade de montagem de forma (DFP) do ciclo 2 poderia ser iniciada a partir do evento 4 (com TIC=TIT=13). Desta forma, deveria haver uma coincidência entre o evento 4 do ciclo 2 e o evento 15 do ciclo 1. Para que isso fosse possível, o ciclo 2 deveria iniciar 13 horas antes do evento 15 do ciclo 1, considerando o TTC de DFL para este evento 15, logo o ciclo 2 iniciaria 20 horas após o início do ciclo 1 (após o evento 6 ou a finalização de DFT). Isto implica que a diferença de tempo entre as concretagens seria também de 20 horas ou de 2,5 dias.

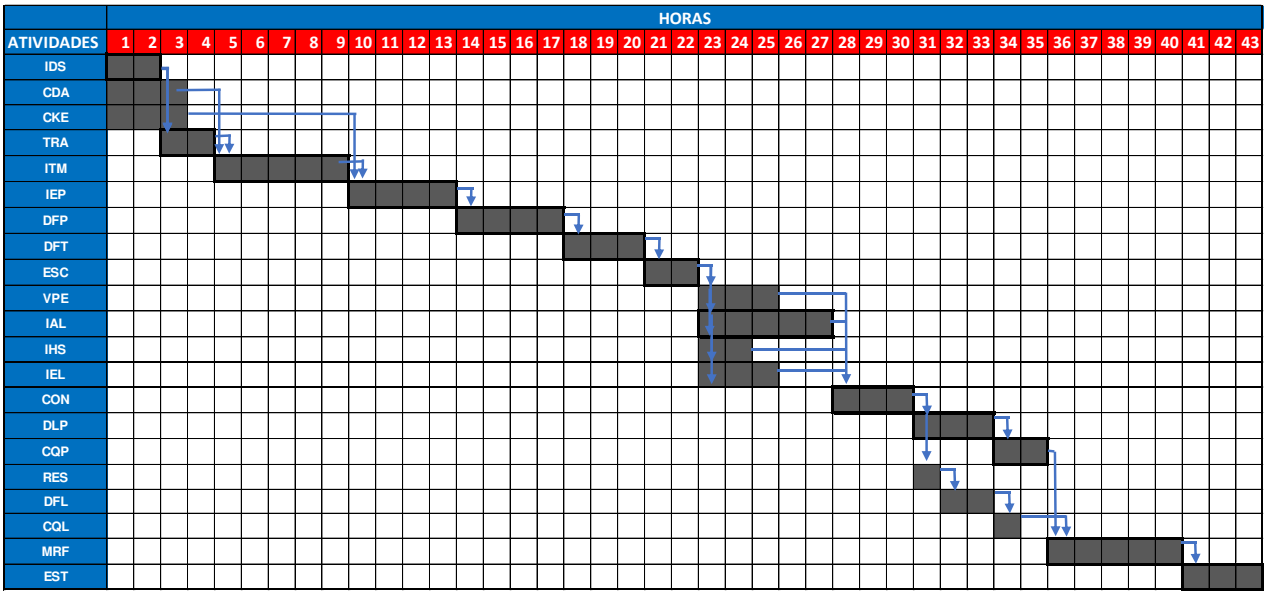
Foi elaborado um terceiro cronograma para representar a programação das atividades durante uma semana de trabalho (Figura 6) enfatizando a entrega das concretagens na quarta-feira e sexta-feira, a cada 2,5 dias. É possível observar que a semana de trabalho inicia com a finalização do ciclo 2 da semana anterior (a partir da atividade DLP) e com a continuação do ciclo 1 que foi iniciado também na semana anterior (a partir da atividade IEP). Observa-se a concretagem do ciclo 1 finalizando na vigésima hora da quarta-feira, e a concretagem do ciclo 2 na quadragésima hora da sexta-feira. Concomitantemente, a semana finaliza com o início do ciclo 1 da semana posterior.

Ainda na Figura 6, as setas em laranja representam as interligações chaves entre os ciclos, que seria a desforma do ciclo anterior (DFL) para que as fôrmas fossem transportadas e iniciada a montagem delas no próximo ciclo (DFP). Qualquer atraso para o início de DFL ou durante sua execução reflete automaticamente na conclusão da concretagem do próximo ciclo.

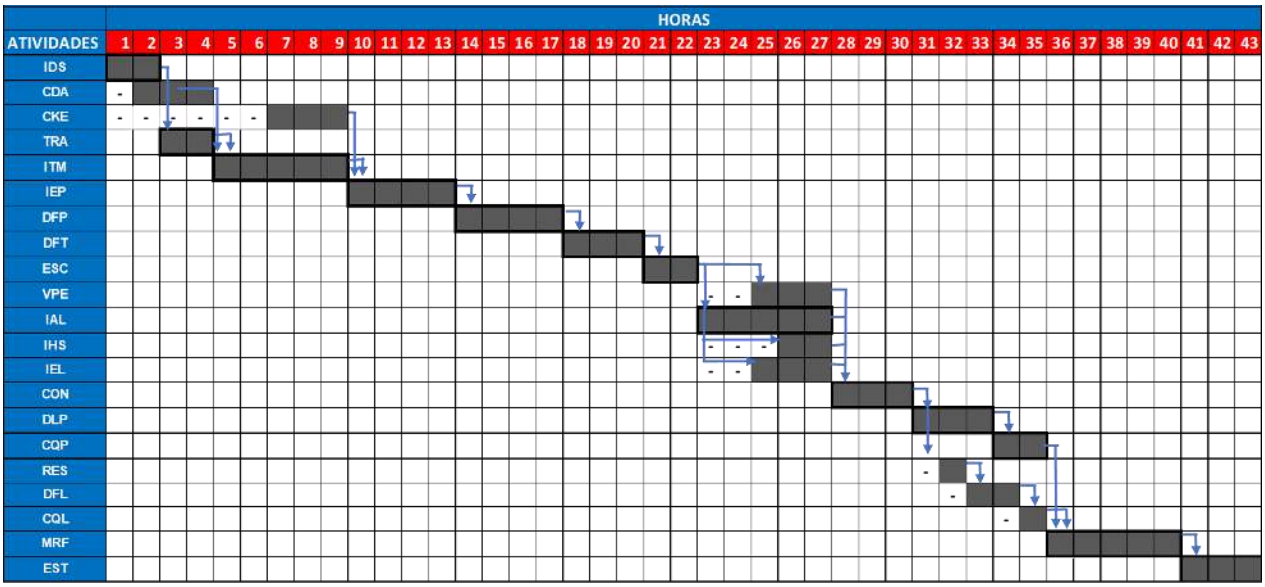
Para a definição dos dias da semana presentes no cronograma da Figura 6, foram consideradas jornadas de trabalho de oito horas. O que foi observado na obra era que para que fossem cumpridas as duas concretagens semanais na quarta e sexta, alguns dias tinham suas jornadas estendidas em quatro horas, criando mais um turno de trabalho, para acomodar atrasos que eventualmente existiam.

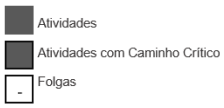
Figura 5: Cronogramas de Gantt do pacote de trabalho de atividades da estrutura

(a) Cronograma de Gantt do Tempo Mais Cedo (TC);



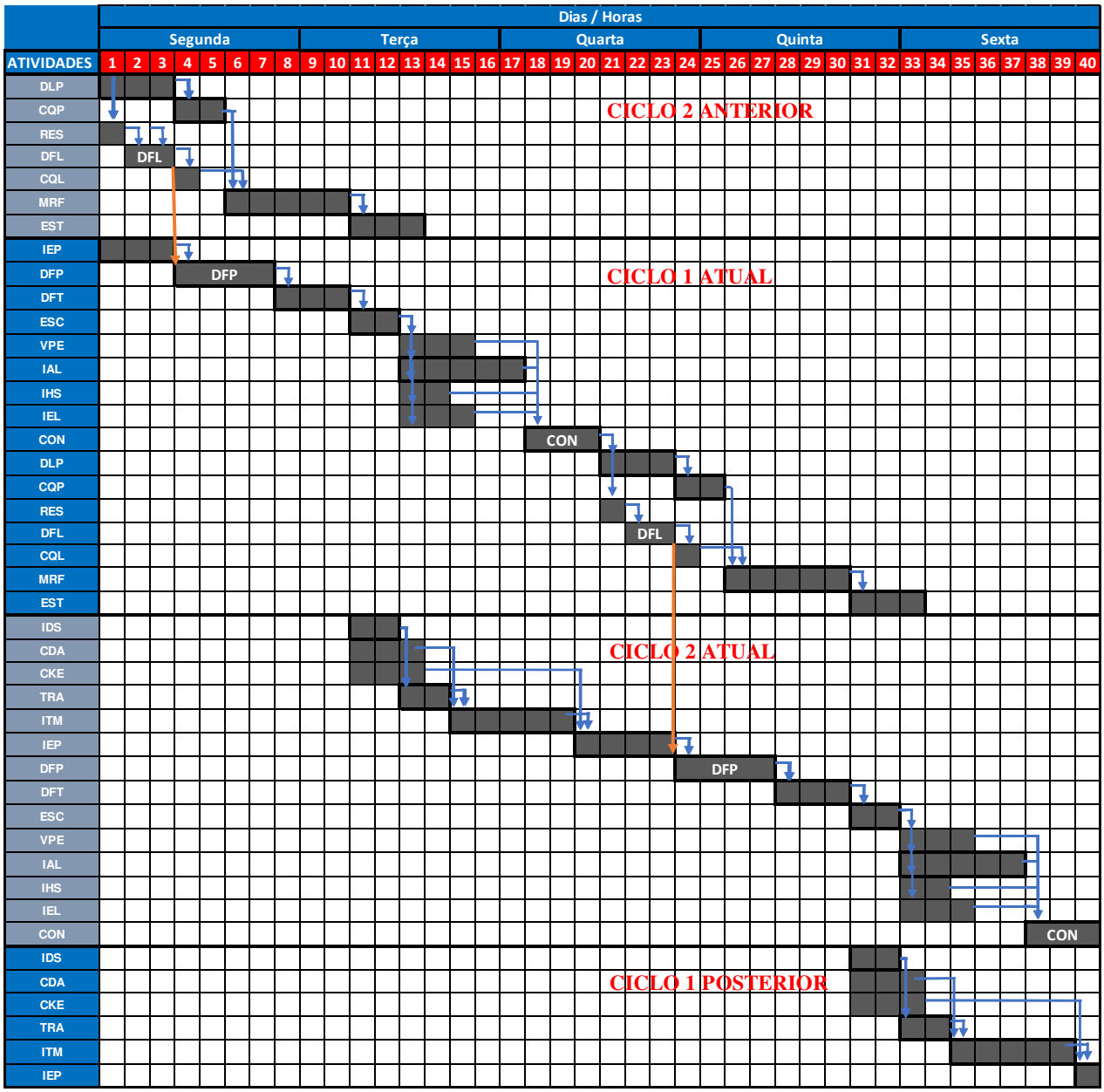
(b) Cronograma de Gantt do Tempo Mais Tarde (TT).





Fonte: Os autores.

Figura 6: Cronograma de Gantt de uma semana de trabalho do pacote de atividades da estrutura



Fonte: Os autores.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho analisou o ciclo do pacote de trabalho de atividades da estrutura de uma obra do SPCML. O pacote era composto por oito atividades. Após as análises *in loco*, foram identificadas 21 atividades que estavam agrupadas nestas oito tarefas do pacote bem como suas durações. Foram analisadas também suas interdependências através de técnicas de programação, assim como foram calculados o Tempo de Início Mais Cedo (TIC), Tempo de Término Mais Cedo (TTC), Tempo de Início Mais Tarde (TIT), Tempo de Término Mais Tarde (TTT) e a Folga Total (FT) de cada atividade.

Após a elaboração da rede, foi possível identificar 13 atividades que faziam parte do caminho crítico (IDS, TRA, IDM, IEP, DFP, DFT, ESC, IAL, CON, DLP, CQP, MRF e EST), além de oito atividades que tinham folgas (CDA, CKE, VPE, IHS, IEL, RES, DFL e CQL) possibilitando a ocorrência de atrasos sem prejudicar a duração final de 43 horas do pacote.ta

O cronograma de Gantt possibilitou uma visualização mais clara das folgas existentes através da comparação entre as representações do Tempo Mais Cedo e Tempo Mais Tarde, porém, mostrou-se limitado para a visualização do sequenciamento entre as atividades, sendo necessária a plotagem de setas para

melhor definição. Foi elaborado outro cronograma para a melhor análise da programação semanal do pacote das atividades da estrutura, em que eram solicitadas duas concretagens em dias específicos. Foi possível observar a interrelação entre os ciclos com as atividades de desforma (DFL) e montagem de fôrmas (DFP). A finalização de DFL era essencial para que a DFP do próximo ciclo fosse executada em tempo hábil para não atrasar a concretagem no tempo programado.

É importante ressaltar que as modelagens da programação foram elaboradas com durações que, normalmente, podem variar e que foram levantadas através de observações, informações documentais e dos envolvidos. Por conta da minuciosidade das atividades, é fato que estas durações têm certo grau de subjetividade, mas através da análise da própria rede e cronograma gerados, há comprovação que elas expressam a realidade de forma suficiente para possibilitar a análise das interrelações entre as atividades do pacote das atividades da estrutura da obra em estudo, possibilitando identificar quais atividades devem mais ser priorizadas.

Conclui-se ainda que os resultados deste estudo de caso complementam a literatura sobre o planejamento de obras de PCML, podendo ser utilizados para fins didáticos, de treinamento de equipes e de gestores, auxiliando no entendimento das etapas de execução e sequenciamento da estrutura de PCML.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. M. **Atividades da mão de obra que mais afetam na produtividade do sistema parede de concreto.** 2019. 132 f. TCC (PÓS-GRADUAÇÃO) – Curso de Pós-graduação em Engenharia civil, da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco, Recife – PE. 2019.

ARÊAS, D. M. **Descrição do Processo Construtivo de Parede de Concreto para Obra de Baixo Padrão**. 2013. Projeto de Graduação – Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

ASMUS, B. F. **Análise da execução de paredes de concreto em construções multifamiliares.** 94 p. 2019. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e Controle da Produção para Empresas de Construção Civil**. 2. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2021.

BÖES, J. S.; PATZLAFF, J. O. Tecnologia da informação e comunicação (TIC) aplicada ao controle de qualidade de obras – estudo de caso. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 5, n. 1, p. 75-92, jan./jun. 2016.

CRUZ, H. M.; SANTOS, D. de; MENDES, L. A. Causas da variabilidade do tempo de execução dos processos em diferentes sistemas construtivos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 49-65, jan./mar. 2018. ISSN 1678-8621. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

GÓES, B. P. **Paredes de concreto moldadas "in loco", estudo do sistema adotado em habitações populares.** 2013. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2013.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction.** Technical Report, Finland: CIFE, 1992.

KOSKELA, L. **An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction**. VTT Publications. Technical Research Centre of Finland. ESPOO 2000. p. 62. january, 2000.

LOPES, F. A. **Utilizando paredes de concreto moldadas "in loco" - estudo de caso.** 2016. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e Controle de Obras**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. 368 p.

MELO, R.; TORRES, T.; COSTA, D.; FERNANDES, L. Produtividade da mão de obra na execução de estrutura em paredes de concreto. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC, Maceió-AL. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC. 2014.

MISURELLIE, H.; MASSUDA, C. **Como Construir Paredes de Concreto.** Téchne, São Paulo: Editora PINI, nº 147, p. 74 - 80, junho de 2009. Disponível em: <https://docplayer.com.br/1653308-Como-construir-paredes-de-concreto.html>. Acessado em: 15 de maio de 2021.

PATTON, M. G. **Qualitative Research and Evaluation Methods.** Thousand Oaks, 3 ed. CA: Sage, 2002.

SANTOS, V. A. **Sistema Construtivo em Paredes de Concreto Moldadas In Loco do Projeto ao Gerenciamento da Produção.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2021.

SILVA, S. Z. R. S. **A percepção do usuário de habitação unifamiliar em relação ao sistema construtivo industrializado – avaliação do grau de satisfação**. 2013. 128p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

SILVEIRA, B. F. **Identificação das causas da variabilidade na execução dos processos do sistema de paredes de concreto.** 88 p. 2018. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

THIYAGARAJAN, R.; PANNEERSELVAM, V.; NAGAMANI, K. Aluminium Formwork System in Highrise Buildings Construction. **International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology**, India, v. 8, n. 6, p. 29-41, nov. 2017.

Yin, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre, RS: Bookman, 2005.