



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE -
CAMPUS ESTÂNCIA
DIRETORIA DE ENSINO
COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

PLANEJAMENTO DE ATIVIDADES DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO
MOLDADAS NO LOCAL: ESTUDO DE CASO

ESTÂNCIA
2022

ELTON ELIAS DOS SANTOS SOARES

PLANEJAMENTO DE ATIVIDADES DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO
MOLDADAS NO LOCAL: ESTUDO DE CASO

Trabalho de conclusão de curso (TCC 2) apresentado ao Instituto Federal de Sergipe – Campus Estância, como pré-requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Herbert Melo Cruz

ESTÂNCIA

2022

S676p Soares, Elton Elias dos Santos.
Planejamento de atividades do sistema de paredes de concreto moldadas no local: estudo de caso. / Elton Elias dos Santos Soares. - Estância, 2022.
68 f.; il.

Monografia (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Civil.
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS, 2022.

Orientador: Prof. Me. Herbert Melo Cruz.

1. Paredes de concreto. 2. Planejamento. 3. Rede PERT/CPM. 4. GANTT. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe - IFS. II. Cruz, Herbert Melo. III. Título.

CDU: 624:658.012.2

ELTON ELIAS DOS SANTOS SOARES

PLANEJAMENTO DE ATIVIDADES DO SISTEMA DE PAREDES DE CONCRETO
MOLDADAS NO LOCAL: ESTUDO DE CASO

Trabalho de conclusão de curso (TCC 2)
apresentado ao Instituto Federal de Sergipe –
Campus Estância, como pré-requisito para a
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
Civil.

Orientador: Prof^a. Me. Herbert Melo Cruz

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Herbert Melo Cruz
(IFS – Campus Estância)

Prof^a. Ma. Anna Cristina Araújo de Jesus Cruz
(IFS – Campus Estância)

Ma. Marina Ribeiro Viana

DEDICATÓRIA

Primeiramente agradeço a Deus pela conquista pois sem Ele não chegaria a lugar nenhum, me fortalecendo todos os dias concebendo saúde, vigor, paciência e inteligência.

Segundo, agradeço aos meus pais por concederem uma formação moral, confiaram na minha escolha pessoal e me ampararem em todas as dificuldades nessa formação em um dia ser engenheiro civil.

Por último, desejo todos os agradecimentos aos orientadores e professores Me. Herbert Melo Cruz e Ma. Anna Cristina Araújo de Jesus Cruz por acreditarem na minha capacidade, além de acrescentarem conhecimentos, disciplina e profissionalismo orientando na elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso.

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda.”

(Paulo Freire)

RESUMO

Nos últimos anos, na construção civil, houve uma certa evolução quanto à modernização de atividades e práticas construtivas, porém, o setor ainda continua encontrando resistência quanto ao avanço da produtividade nos canteiros de obras, necessitando de mudanças fundamentais e adoção de ferramentas que tragam resultados satisfatórios, focando na eficiência dos prazos de entrega e na conclusão de etapas da obra. Paredes de concreto é um dos vários sistemas inovadores que vem ganhando espaço no mercado brasileiro, principalmente nas obras de habitações de interesse social, por ser uma solução que proporciona ganhos financeiros e de prazo e com característica produtiva. A falta de controle, negligência nas atividades, planejamento inadequado e atividades improdutivoas podem gerar perdas desnecessárias no canteiro de obra. Este trabalho propôs uma análise sobre o planejamento da sequência de atividades de uma obra do sistema de PCML (Paredes de Concreto Moldadas no Local), por meio de um estudo de caso. Para a análise, foram utilizados dois métodos de programação visando a interpretação do que foi observado na obra: a rede PERT/CPM e o gráfico de Gantt. Como resultados, foi possível extrair informações da rede desenhada, tais como o caminho crítico, tempos mais cedo e mais tarde de realizações das atividades, dentre outras. Além disto, com a construção do gráfico de Gantt, foi possível também uma melhor visualização da programação das atividades. Percebeu-se após a análise, que no sistema utilizado, a programação da rede PERT/CPM pelo Método das Flechas) possui simplificação e organização quanto ao sequenciamento e detalhamento de informações, além da visualização do caminho crítico. No Diagrama de Gantt há melhor representatividade e identificação das durações, mas em sistemas mais complexos pode-se tornar mais dificultosa a sua compreensão quanto as atividades, durações folgas e caminho crítico.

Palavras-chave: Paredes de Concreto; Planejamento; Rede PERT/CPM; GANTT.

ABSTRACT

In recent years, in civil construction, there has been a certain evolution regarding the modernization of activities and constructive practices, however, the sector still continues to encounter resistance regarding the advancement of productivity at construction sites, requiring fundamental changes and the adoption of tools that bring satisfactory results, focusing on the efficiency of delivery times and the completion of stages of the work. Concrete walls is one of the many innovative systems that has been gaining ground in the Brazilian market, especially in social housing projects, as it is a solution that provides financial and long-term gains and has a productive characteristic. Lack of control, negligence in activities, inadequate planning, unproductive activities can generate unnecessary losses at the construction site. Therefore, this work proposed an analysis on the planning of the sequence of activities of a work of the PCML system (Moulded-in-place Concrete Walls), through a case study. For the analysis, two programming methods were used in order to interpret what was observed in the work: the PERT/CPM network and the Gantt chart. It was noticed after analysis that in the system used, the programming of the network PERT/CPM (Method of Arrows) has simplification and organization regarding the sequencing and detailing of information. In the Gantt Chart there is better representation and identification of durations, but in more complex systems it can make it more difficult to understand activities, slack durations and critical path. As a result, it was possible to extract information from the designed network, such as the critical path, earlier and later times of activities, among others. In addition, with the construction of the Gantt chart, it was also possible to better visualize the activities' schedule.

Keywords: Concrete Walls; Planning; Network PERT/CPM; GANTT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Simplificação da produção como processo de fluxo	6
Figura 2 – EAP do Método das Flechas	9
Figura 3 - Descrição do resultado do quesito para Método das Flechas	9
Figura 4 - Planejamento das atividades de um viaduto	10
Figura 5 - Ciclo de execução de paredes de concreto	11
Figura 6 - Esquema das etapas da metodologia da monografia	13
Figura 7 - Empreendimento da Empresa “x”	14
Figura 8 - Ciclos de Atividades	18
Figura 9 - Etapas construtivas dentro do pacote estrutural	20
Figura 10 - Dispositivo de Segurança	21
Figura 11 - Elementos de tela de aço soldada	22
Figura 12 - Detalhamento da franja e espaçamento	22
Figura 13 – Esquema do Corte e Dobra de Aço (Reforço Estrutural e Telas Metálicas)	22
Figura 14 – Esquema da Confeção dos Kits Elétricos.....	23
Figura 15 – Esquema de Transferência de Eixos.....	24
Figura 16 – Esquema da Instalação de Telas nas Paredes	25
Figura 17 - Detalhes da armação da parede	26
Figura 18 – Esquema da Instalação dos Eletrodutos nas Telas Metálicas das Paredes	27
Figura 19 – Esquema da instalação das fôrmas das paredes.....	28
Figura 20 - Instalação das fôrmas das lajes	29
Figura 21 - Escoras metálicas no apartamento	30
Figura 22 – Esquema de Imagens da verificação de prumo e esquadro	31
Figura 23 – Esquema da Instalações das Armações de Aço na Laje	32
Figura 24 – Esquema dos componentes da Instalação Hidrossanitária	33
Figura 25 - Instalação dos eletrodutos na laje	34
Figura 26 – Esquema da Concretagem	35
Figura 27 - Esquema de Desforma e Limpeza das fôrmas das Paredes.....	37
Figura 28 – Esquema da Cura Química das Paredes	38
Figura 29 – Esquema da Retirada das Escoras	39
Figura 30 – Esquema da Desforma e Limpeza das Fôrmas da Laje	40
Figura 31 - Cura química em lajes	41

Figura 32 – Esquema Mapeamento e Reparo das Fissuras	42
Figura 33 - Para fuso de fixação (Parabolt)	43
Figura 34 - Diagrama de PERT/CPM (Método das Flechas) do SPCML.....	49
Figura 35 - Esquema dos Tempos Mais Cedo e Tarde.....	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – EAP (Estrutura Analítica do Projeto).....	44
------------------------------------------------------	----

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

ADM – Arrow Diagramming Method

CA – Concreto Armado

CPM – Critical Path Method

LC – Lean Construction

NBR – Norma Brasileira

PC – Paredes de Concreto

PCML – Paredes de Concreto Moldadas no Local

PDM – Precedente Diagramming Method

PERT – Program Evaluation and Review Technique

PMCMO – Paredes Monolíticas de Concreto Moldadas na própria Obra

PMCMV – Programa Minha Casa Minha Vida

TCC's – Trabalhos de Conclusão de Curso

Sumário

1. INTRODUÇÃO	3
1.1 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo Geral	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
2. REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1 CONSTRUÇÃO ENXUTA	5
2.2 PLANEJAMENTO	6
2.3 REDE PERT/CPM	7
2.3.1 Método das Flechas.....	7
2.4 DIAGRAMA DE GANTT	9
2.5 PAREDES DE CONCRETO	10
2.5.1 Conceito	10
2.1.3 Sistema de PCML (Paredes de Concreto Moldadas no Local).....	10
2.5.3 Sequenciamento Construtivo Estrutural	11
2.5.4 Vantagens	12
2.5.5 Desvantagens	12
3. METODOLOGIA	13
3.1 ETAPAS DA PESQUISA	13
3.1.1 1ª Etapa: (ESTUDO BIBLIOGRÁFICO).....	13
3.1.2 2ª Etapa: (ESTUDO DE CASO).....	14
3.1.2.1 Escolha da obra.....	14
3.1.2.2 Coleta de Dados	14
3.1.2.2.1 Entrevistas.....	15
3.1.2.2.2 Observações diretas	15
3.1.2.2.3 Registro Fotográfico	15
3.1.3 3ª Etapa: (ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS)	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA “X”	17
4.2 DESCRIÇÃO DO “EMPREENHIMENTO”	17
4.3 DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DAS ETAPAS DE EXECUÇÃO DO SISTEMA PCML NA OBRA ESTUDADA	19
4.3.1 Etapa 1 - Instalação de Dispositivo de Segurança.....	21
4.3.2 Etapa 2 - Corte e Dobra do Aço (Reforço Estrutural e Telas Metálicas)	21
4.3.3 Etapa 3 - Confecção de Kits Elétricos	23
4.3.4 Etapa 4 - Transferência de Eixos	24
4.3.5 Etapa 5 - Instalação de Telas Metálicas (Paredes).....	25

4.3.6	Etapa 6 - Instalação dos Eletrodutos nas Telas Metálicas (Paredes).....	26
4.3.7	Etapa 7 - Aplicação de desmoldante nas fôrmas metálicas e instalação das fôrmas metálicas nas marcações no piso.....	27
4.3.8	Etapa 8 - Aplicação de desmoldante nas fôrmas metálicas e instalação nas marcações do teto.....	29
4.3.9	Etapa 9 - Escoramento das Fôrmas da Laje	29
4.3.10	Etapa 10 – Verificação de Prumo e Esquadro das Fôrmas Metálicas (Paredes) 30	
4.3.11	Etapa 11 - Instalações de Armações Aço na Laje	32
4.3.12	Etapa 12 – Instalações Hidrossanitárias	32
4.3.13	Etapa 13 - Instalação dos Eletrodutos na Laje	34
4.3.14	Etapa 14 - Concretagem	34
4.3.15	Etapa 15 - Desforma e Limpeza das fôrmas das Paredes	36
4.3.16	Etapa 16 - Cura Química das Paredes	38
4.3.17	Etapa 17 - Retirada das Escoras.....	38
4.3.18	Etapa 18 - Desforma e Limpeza das Fôrmas da Laje.....	39
4.3.19	Etapa 19 - Cura Química das Lajes	40
4.3.20	Etapa 20 - Mapeamento e Reparo das Fissuras	41
4.3.21	Etapa 21 - Estucagem	42
4.4	MEMORIAL DE CÁLCULO E DELINEAMENTO DO MÉTODO DAS FLECHAS DAS ATIVIDADES DO SISTEMA DE PCML	43
4.5	ELABORAÇÃO DO DIAGRAMA DE GANTT	50
4.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

1. INTRODUÇÃO

É perceptível que nos últimos anos, na construção civil, houve evolução quanto a modernização de novas atividades e práticas construtivas. A competitividade impulsiona a adoção de novas técnicas no setor construtivo, fundamentada na eficiência quanto à produtividade para execução dos serviços no prazo determinado. De acordo com Abreu (2019), a redução de custos e eficácia de novos sistemas construtivos está relacionado intrinsecamente com o controle e a programação da obra, pois as empresas devem controlar seus materiais e principalmente a mão de obra dentro do canteiro. Böes e Patzlaff (2016) afirmam que empresas no ramo construtivo se baseiam em novas tecnologias de gestão proporcionando qualidade em seus feitos, inibindo gastos desnecessários no canteiro de obra. Em vista disso, a produtividade possui aspectos para quantificar os resultados e a eficiência da produção na indústria da construção (JANG et al., 2011; KIM et al., 2011).

Partindo dos conceitos salientados acima, no Brasil, surgiram sistemas inovadores de baixo custo que suprem as necessidades de moradia de cada indivíduo. O aquecimento do setor e a procura por redução de custos e prazo forçaram à racionalização e industrialização por meio de novos sistemas inovadores como por exemplo o Sistema de Paredes de Concreto. As Paredes Monolíticas de Concreto Moldadas na Obra é um dos vários sistemas inovadores existentes no mercado e é um sistema construtivo ideal que relaciona o planejamento das atividades, a produtividade, velocidade, baixo custo e qualidade em edificações com alta repetitividade (CORSINI, 2011; THIYAGARAJAN; PANNERSELVAM; NAGAMANI, 2017).

Pra um conhecimento e compreensão do processo de execução e do planejamento de uma obra através dos métodos PERT/CPM e GANTT, este trabalho foi elaborado, através de observações feitas a partir de um estudo de caso.

1.1 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

- Analisar o planejamento da sequência de atividades do sistema PCML (Paredes de Concreto Moldadas no Local).

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar e descrever as principais etapas de execução do sistema PCML;
- Analisar a programação através do quadro de sequenciação;
- Elaborar a Rede PERT e o cronograma de GANTT.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para melhor entendimento sobre a monografia, a seguir estão descritos a Construção Enxuta, o Planejamento das atividades, a Rede PERT/CPM e o Diagrama Gantt, além do sistema PCML, ressaltando suas vantagens e desvantagens.

2.1 CONSTRUÇÃO ENXUTA

A Construção Enxuta consiste na filosofia de gestão da construção onde seus objetivos são a redução de perdas, o aumento da produtividade, a melhoria contínua e a automação (ISATTO et al., 2000). No que tange à construção civil, o principal marco para o desenvolvimento desta nova filosofia é o trabalho de Lauri Koskela “*Application of the new production philosophy in the construction*” publicado em 1992, onde apresenta onze princípios da *Lean Construction*, aplicáveis efetivamente à indústria da construção (LORENZON e MARTINS, 2006). Koskela (1992), recomenda um grupo de 11 princípios para a execução da construção enxuta. Esses são: reduzir o número de atividades que não agregam valor; aumentar o valor da saída considerando os requisitos do cliente; reduzir variabilidade; reduzir o tempo de ciclo; simplificar através da minimização do número de passos e partes; aumento da flexibilidade das saídas; aumento da transparência do processo; focar no controle do processo global; introduzir melhoria contínua ao processo; balancear melhoria nos fluxos por meio de melhoria nas conversões; fazer benchmarking.

Acerca da etapa do método da simplificação, para Koskela (2000, p. 62):

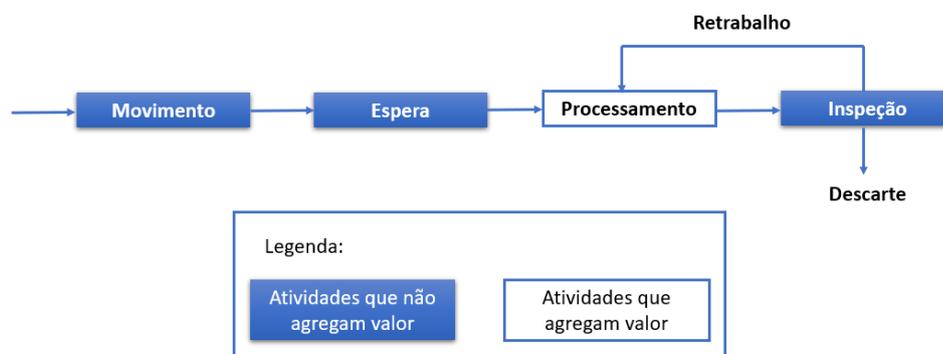
A simplificação pode ser entendida como a redução do número de componentes em um produto ou redução do número de etapas e ligações em um material ou fluxo de informações. A simplificação pode ser realizada, por um lado, eliminando atividades que não agregam valor do processo de produção e, por outro lado, reconfigurando partes ou etapas de valor agregado.

Ainda para Koskela (2000), o método da simplificação pode ser entendido quando estabelecido pacotes de trabalho estritamente sequenciais, nos quais as atividades de interdependências são reduzidas e a organização e o planejamento da construção é assim simplificada. Quanto maior a complexidade de um sistema, maior 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 elementos

ou partes essenciais constituintes de um sistema. A simplificação contém: o encurtamento dos fluxos quando consolidada as atividades envolvidas no sistema; diminuição quantidade de peças constituintes do produto; normatização de peças, materiais, ferramentas, ligações com encaixes; diminuição da quantidade de dados de controle necessário; utilização de grupos polivalentes que substituam um maior número de grupo especializado; planejar torna-se eficaz o processo de produção (KOSKELA, 2000; FORMOSO, 2002).

Para Koskela (1992), um sistema de produção pode ser dividido em fluxo (Figura 1). Essa divisão mostra de forma simples as atividades que irão ou não agregar valor.

Figura 1 - Simplificação da produção como processo de fluxo



Fonte: Adaptado de Koskela (1992).

Mediante a aplicação de seus princípios básicos, a construção enxuta apresenta uma base conceitual com potencial de trazer benefícios e melhorias na eficiência de sistemas de produção (BERNARDES, 2010).

2.2 PLANEJAMENTO

O significado de planejamento é a execução do trabalho de atividades que são identificadas, analisadas, coordenadas e gerenciadas, seguindo premissas constituídas por métodos pré-definidos, na qual resulte na perfeita tomada de decisão em um plano de ação organizado, direcionado e controlado e com o objetivo proposto alcançado (XAVIER, 2008).

Sobre o planejamento da obra, Mattos (2010, p. 19) afirma que:

O planejamento da obra é um dos principais aspectos de gerenciamento, conjunto de amplo espectro, que envolve também orçamento, compras, gestão de pessoas, comunicações, etc. Ao planejar, o gerente dota a obra de uma ferramenta importante para priorizar suas ações, acompanhar o andamento dos serviços, comprar o estágio da obra com a linha de base

referencial e tomar providências em tempo hábil quando algum desvio é detectado. A deficiência do planejamento pode trazer consequências desastrosas para uma obra e, por extensão, para a empresa que a executa. Um descuido em uma atividade pode acarretar atrasos e escala de custo, assim como colocar em risco o sucesso do empreendimento.

2.3 REDE PERT/CPM

O diagrama ou cronograma de rede PERT/CPM é a representação não só das atividades que estão sendo executadas como também a relação com as demais atividades, a duração e os tempos de início e fim. Porém, não há praticidade, pois, quanto a seu formato, torna-se amplo em determinados projetos (XAVIER, 2008). Existem dois métodos de construção para diagrama de rede com mesmo resultado final, mas com regras diferentes para a construção dos diagramas: o Método das Flechas (do inglês *Arrow Diagramming Method – ADM*) com atividades representados por flechas conectando a eventos; e o Método dos Blocos/Caixas (do inglês *Precedente Diagramming Method – PDM*) por representação de blocos e ligação entre atividades por meio de setas (MATTOS, 2012).

2.3.1 Método das Flechas

O mesmo autor descreve conceitos e determina requisitos para a construção da EAP (Estrutura Analítica e Projeto) (Figura 2) e a rede PERT/CPM para o Método das Flechas (Figura 3):

1. **A atividade** é a tarefa a ser executada, composta por tempo e recurso, seguindo a orientação da flecha da esquerda para a direita;
2. essas atividades possuem **início e fim** e só pode ocorrer o **início** quando todas as atividades que chegam a seu evento inicial tiverem sido concluídas;
3. para cada atividade, o número do evento final é maior que o do evento inicial;
4. cada atividade tem um **par único** de eventos **início-fim**;
5. nas atividades há as chamadas **dependência**, ou seja, as **predecessoras**, atividades posteriores que dependerás das anteriores;
6. **o evento** é um ponto no tempo, um momento indicado no projeto, são os instantes, sem duração e nem recurso, permitindo chegar mais de uma

atividade e representados por nós e cada nó (evento) representa uma relação entre todas as atividades que entram e que saem;

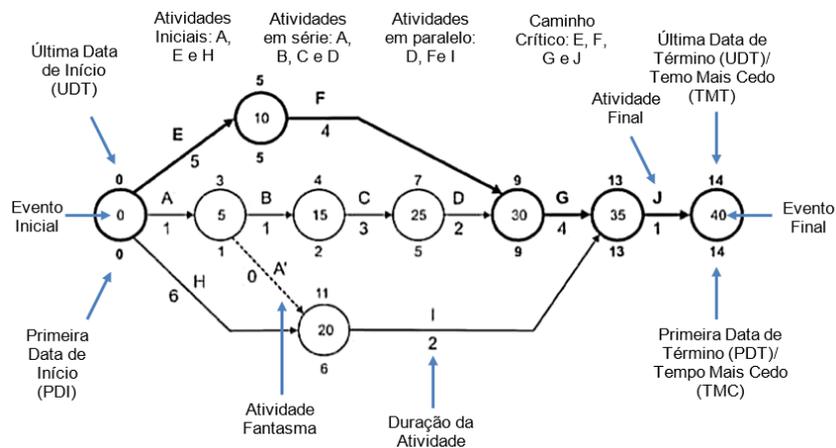
7. todas as atividades que **saem** de um mesmo **nó** têm **predecessoras idênticas** e as que **chegam**, tem **sucessoras idênticas**;
8. esses eventos devem ser **numerados** com o desenvolvimento da rede, da esquerda para a direita, de cima para baixo, sendo que as atividades posteriores não podem apresentar numerações menores pois haverá erro no projeto e na contabilização das atividades no planejamento e cronograma de execução;
9. o **evento inicial** e **final** do diagrama é **único**;
10. **atividades em séries** são realizadas posteriormente a outra de forma linear;
11. **atividades em paralelo** são realizadas simultaneamente a outras, em forma de cadeia, proporcionando ganho de tempo;
12. a **atividade fantasma** também chamada **de fictícia, muda** ou **virtual** ou do inglês *dummy activity* (atividade muda), é um valor lógico com a necessidade de resolver problemas de numeração ou de lógica de processamento de informações.
13. o **Tempo Mais Ceddo** de um evento é o máximo valor obtido para a soma da duração das atividades que a ele chegam, com o Tempo Mais Ceddo de seus respectivos eventos de origem;
14. o **Tempo Mais Tarde** um evento é o mínimo valor obtido da subtração da duração das atividades que saem dele, do tempo tarde dos eventos a que elas se destinam;
15. A sequência de atividades que unem os eventos críticos é aquela que define o prazo total do projeto e a essas atividades se dá o nome de **atividades críticas** e o caminho que as une constitui o **caminho crítico**.

Figura 2 – EAP do Método das Flechas

Código	Atividade	Predecessoras	Duração (dias)
A	Limpeza do terreno	–	1
B	Locação da fundação	A	1
C	Escavação da fundação	B	3
D	Montagem das formas	C	2
E	Fornecimento do aço	–	5
F	Preparação da armação	E	4
G	Colocação da armação	D, F	4
H	Mobilização da betoneira	–	6
I	Instalação/teste da betoneira	A, H	2
J	Concretagem	G, I	1

Fonte: Mattos (2010).

Figura 3 - Descrição do resultado do quesito para Método das Flechas



Fonte: Adaptado de Mattos (2010).

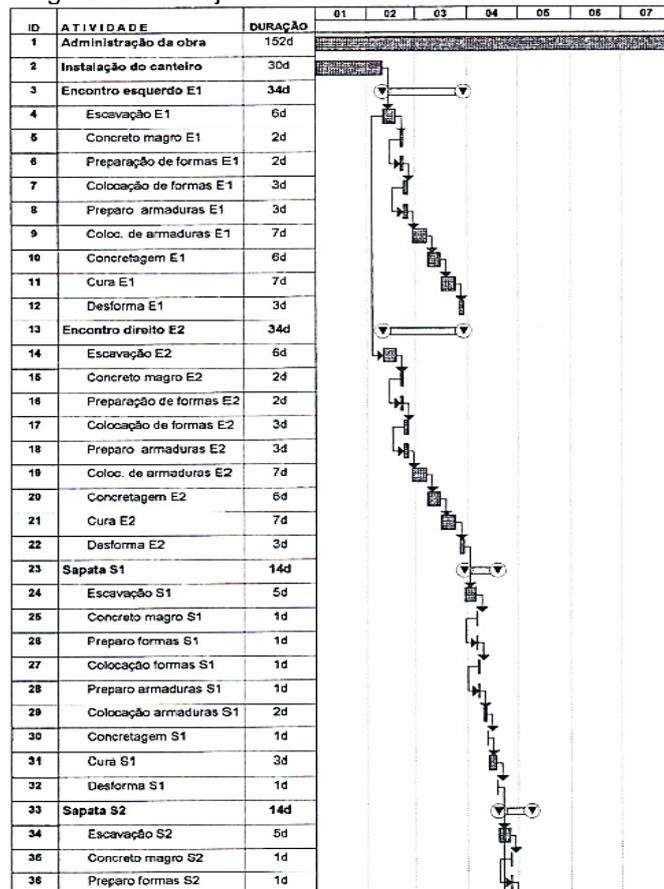
2.4 DIAGRAMA DE GANTT

O Cronograma de Barras ou Cronograma de Gantt é uma outra opção de ferramenta no mercado, tem a deficiência de demonstrar a ligação entre cada atividade, mas não levar em consideração as folgas, muito menos a representação do caminho crítico (MATTOS, 2010). Os serviços no cronograma de barras são planejados e representado em períodos, podendo ser em dias, semanas ou meses (LIMMER, 1997).

No Gráfico de “Gantt” há a representatividade da escala de tempo de execução, sequenciamento, duração, início e fim das atividades. Nesse contexto, é perceptível a relação entre as tarefas, o início e fim das atividades em conjunto e o processo do ciclo de produção (XAVIER, 2008).

A Figura 4 abaixo é a representação do Gráfico de Barras ou Gráfico de Gantt retirado do livro de Limmer (1997).

Figura 4 - Planejamento das atividades de um viaduto



Fonte: Limmer (1997).

2.5 PAREDES DE CONCRETO

Para melhor entendimento sobre esse sistema, a seguir, será citado o conceito de PCML, sua caracterização, vantagens e desvantagens.

2.5.1 Conceito

O sistema de Paredes de Concreto é definido como subsistema laminar vertical com funções estrutural e de vedação podendo ser construído na própria obra ou industrialmente. Os esforços que são solicitados, na estrutura e pela estrutura das paredes, devem garantir a sua perfeita distribuição, principalmente em edifícios com grande quantidade de patamares, (LORDSLEEM JÚNIOR et al., 1998a).

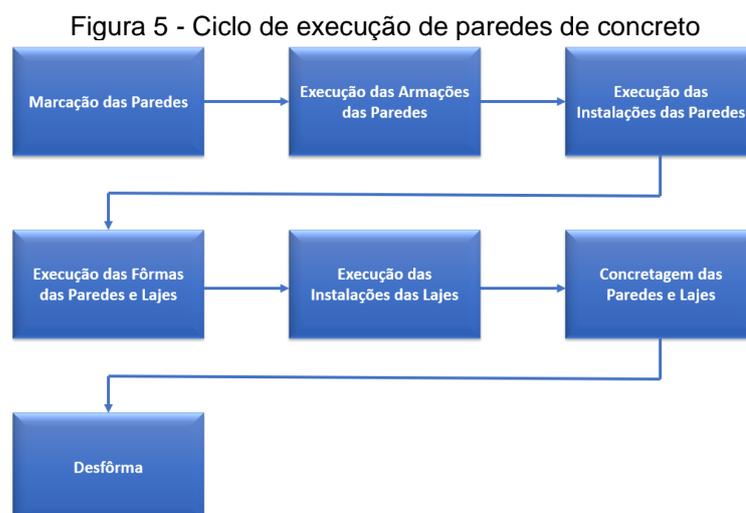
2.1.3 Sistema de PCML (Paredes de Concreto Moldadas no Local)

A ABNT publicou em 2012, a NBR 16055:2012 na qual relata a “Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações, requisitos e procedimentos” e a utilização de fôrmas removíveis em obra. Ainda, estabelece o seguinte: "elemento

estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede" (ABNT, 2012, p. 3). É um sistema composto por um único elemento estrutural moldado no local (MISURELLI; MASSUDA, 2009). A concretagem das paredes deve ser feita em um único momento e desmoldadas posteriormente, garantindo que todos os elementos embutidos antes de concretar estejam totalmente cobertos como por exemplo as telas metálicas e os esforços estruturas de cantos, as instalações elétricas, caixilhos de tomadas e interruptores, elementos de fixação e instalações hidrossanitárias (ABCP, 2009/2010).

2.5.3 Sequenciamento Construtivo Estrutural

O SPC é utilizado para empreendimentos de grande volume de edificações 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. Esse sistema é simples e elimina etapas construtivas, onde a moldagem e concretagem ocorrem em uma única etapa dentro de um pacote estrutural (CORSINI, 2011; THIYAGARAJAN; ANNERSELVAM; NAGAMANI, 2017). A Figura 5, de acordo com Abreu e Lordesleem Jr. (2017), é a melhor demonstração para o ciclo de produção do SPC.



Fonte: Adaptado de Abreu e Lordesleem Jr. (2017).

2.5.4 Vantagens

As vantagens deste sistema são o custo, a qualidade e o tempo, pois baseia-se na rápida execução, mão de obra especializada, alto desempenho do funcionário executante da atividade, industrialização do material empregado e a redução dos entulhos (NUNES, 2011). Outras vantagens são a racionalização de materiais; alta produtividade do sistema na qual segue uma sequência lógica desde a locação de eixos; montagem das telas metálicas e reforços estruturais e eletrodutos; posicionamento das fôrmas e concretagem; mão de obra reduzida; reutilização de fôrmas após um dia de concretadas as paredes e as mesmas com função estrutural; uniformidade do sistema; diminuição da espessura de parede na qual está relacionada com o aumento de área útil da edificação (LORDSLEEM JUNIOR et al., 1998b).

2.5.5 Desvantagens

Uma das desvantagens é a dificuldade de adaptações das PC, pois se houver a necessidade do reparo posterior a instalações embutidas, nessas circunstâncias, haverá retrabalho devido a imperícia acometida (ARÊAS, 2013). Outras desvantagens segundo Lordsleem Junior et al. (1998b) é o alto custo de aquisição das fôrmas, portanto, para compensar o orçamento do empreendimento, deve-se construir residências acima de 50 unidades; a necessidade de equipamentos de grande porte para transporte de fôrmas; na fase de execução, é imprescindível a inflexibilidade das modificações do projeto estrutural; o aparecimento de patologias como as fissuras e umidades.

3. METODOLOGIA

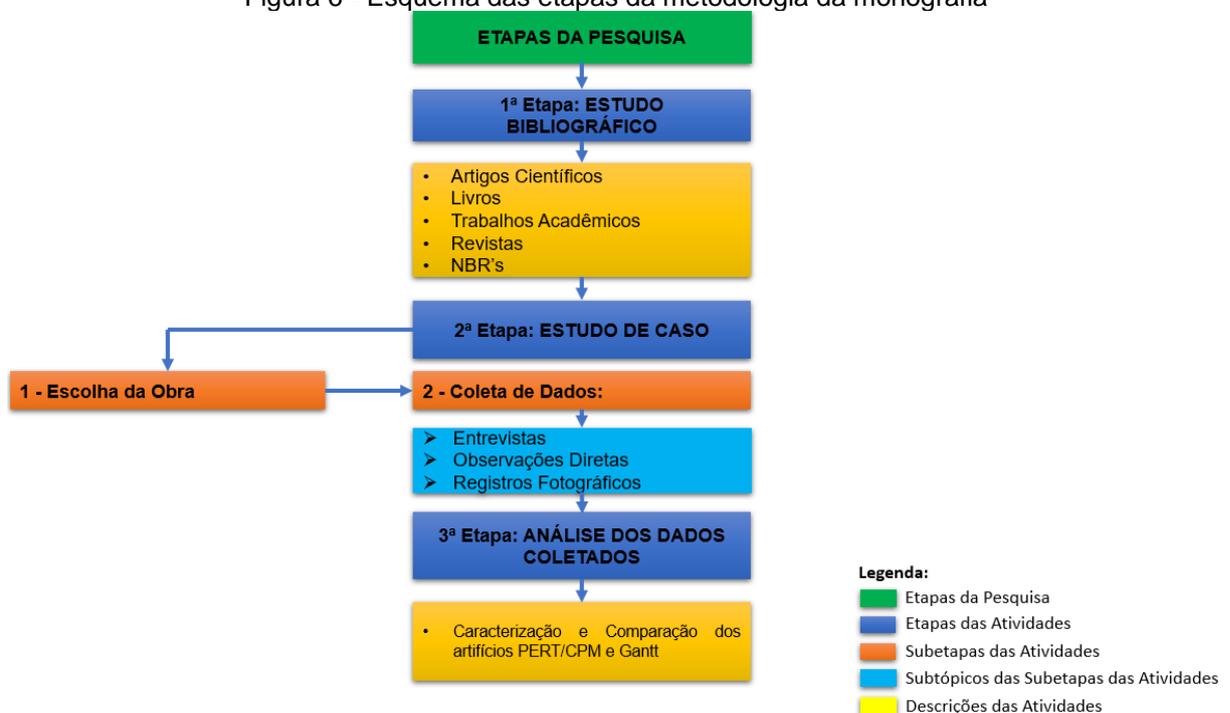
Neste tópico, a metodologia está dividida por etapas (Figura 6).

A 1ª (primeira) etapa foi a “Pesquisa Bibliográfica” através de artigos científicos, Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC’s), dissertações, teses, livros e NBR’s.

A 2ª (segunda) etapa, compreendeu o estudo de caso baseado em observações diretas. É importante destacar a escolha da obra, a coleta de dados através de entrevistas, e observações diretas.

A 3ª (terceira) etapa foi a “Análise dos dados coletados”, através da interpretação do que foi observado no estudo de caso.

Figura 6 - Esquema das etapas da metodologia da monografia



Fonte: Autor.

3.1 ETAPAS DA PESQUISA

3.1.1 1ª Etapa: (ESTUDO BIBLIOGRÁFICO)

O estudo bibliográfico é uma das etapas primordiais para que se inicie o trabalho. É nele na qual é conceituado, a partir de um tema sugerido, uma reflexão de uma determinada proposta, se há uma determinada possível solução dessa problemática. Foram feitas revisões bibliográficas em sites acadêmicos em busca de artigos científicos, TCC’s, dissertações e teses, livros, NBR’s na qual será estudado o sistema de Paredes de Concreto Moldado no Local.

3.1.2 2ª Etapa: (ESTUDO DE CASO)

A pesquisa nada mais é que um procedimento racional e sistemático com objetivo claro de atingir os problemas propostos (GIL, 2002). Faz necessário ressaltar a pesquisa exploratória deste artigo, pois se constitui de ideias e descobertas, além de levantamento bibliográfico, entrevistas e experiências vivenciadas por acadêmicos e trabalhadores da obra, analisando e conceituando exemplos que incentive o senso crítico relativo à problematização (SELLTRIZ et al., 1967, p. 63). Além da pesquisa exploratória é importante destacar a pesquisa descritiva, coletando dados feitos por questionário e observações.

3.1.2.1 Escolha da obra

A escolha da obra foi por conveniência e por possuir o sistema construtivo estrutural, sendo caracterizada por edifícios de múltiplos pavimentos. A fim de preservar a identidade da empresa e a divulgação de dados internos, a empresa construtora foi nomeada por “Empresa X” (Figura 7).

Figura 7 - Empreendimento da Empresa “x”



Fonte: Autor.

3.1.2.2 Coleta de Dados

A Coleta de Dados foi dividida em Entrevistas, Observações Diretas e Registros Fotográficos realizado em um empreendimento de múltiplos pavimentos e que será explicitada nos tópicos a seguir.

3.1.2.2.1 Entrevistas

As entrevistas foram executadas por meio de questionário idealizado antes da visita e neste foram feitas perguntas aos funcionários que trabalhavam na construção dos edifícios, no “Pacote Estrutural”, a função exercida na empresa, além dos líderes do pacote, estagiários e os demais engenheiros da obra. Importante ressaltar que o questionário foi baseado no Comitê de Ética enfatizando a não submissão a empresa, por não se tratar de perguntas pessoais e sim sobre o método de execução do serviço.

Abaixo, seguem os quesitos:

- *Qual atividade está sendo executada?*
- *Qual a sua função na empresa?)*
- *Como você executa essa atividade?*
- *Como é realizada o sequenciamento das atividades?*
- *Quantas pessoas executam essa atividade?*
- *Quanto tempo você executa essa atividade?*

3.1.2.2.2 Observações diretas

As observações diretas são fatos e eventos relevantes de dados coletados e tratá-los como sendo importantes ou não, tomando como base, o senso crítico ao tema estudado, relacionando ao vivenciado (YIN, 2005). Nesse sentido, durante as visitas foram feitas observações como: -identificação da quantidade de trabalhadores, função exercida por cada um, tempo gasto para a execução de determinada atividade, como o planejamento era composto dentro do pacote estrutural, atividades iniciais e finais- e atividades em série e em paralelo. Esses dados foram confrontados com a “Entrevista” e os “Registro Fotográfico”.

3.1.2.2.3 Registro Fotográfico

O registro fotográfico foi o baseado em imagens das atividades do ciclo de PCML do empreendimento descrevendo cada etapa como deve ser realizada e seu sequenciamento.

3.1.3 3ª Etapa: (ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS)

Foi feita a aplicabilidade do Diagrama PERT/CPM e Gantt e posterior, a comparação entre essas duas ferramentas. Para o Gantt foi utilizado o MS Project, posteriormente inserido os dados ao Excel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse tópico foi descrita a empresa e empreendimento, além da sequência de atividades de PCML observadas no estudo de caso. Por último, são mostrados os resultados adquiridos e a comparação entre as ferramentas utilizadas da Diagrama PERT/CPM (Método das Flechas) e seu respectivo memorial de cálculo e o Diagrama de Gantt.

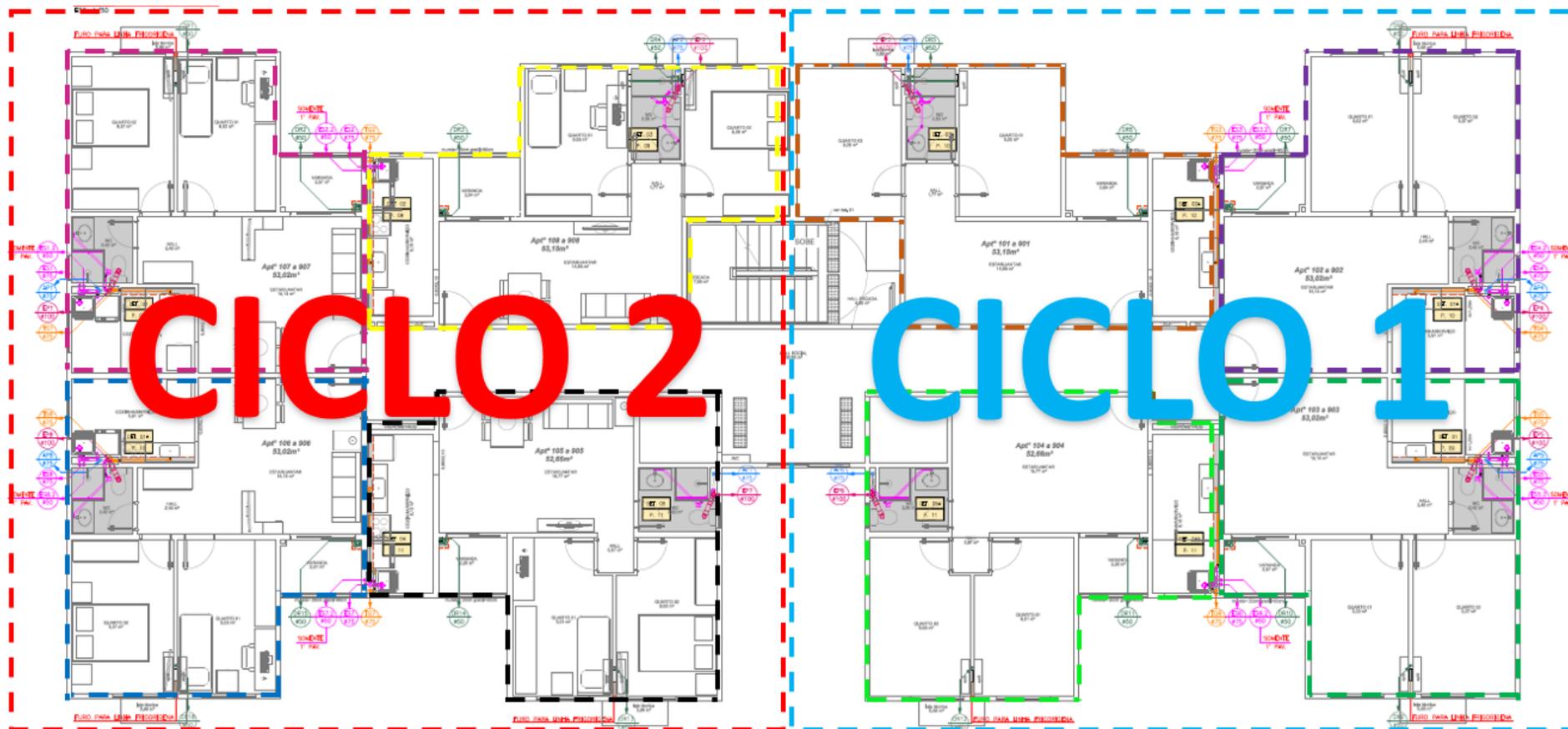
4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA “X”

A empresa atua na grande Aracaju/SE, com mais de 30 anos de atuação, construiu mais de 4000 imóveis. Utiliza em suas obras sistemas construtivos convencionais e o sistema PCML.

4.2 DESCRIÇÃO DO “EMPREENDIMENTO”

O empreendimento é um condomínio residencial fechado composto por 2 (duas) torres com 12 pavimentos cada, sendo 8 (oito) apartamentos por pavimento, compondo um total de 95 unidades residenciais em cada torre, sendo que o térreo é composto por 7 (sete) apartamentos e o 12^a pavimento foi designado para a construção de 2 (dois) reservatórios (figura 8). É considerado um empreendimento de múltiplos pavimentos, utilizando de fôrmas metálicas tipo “Trepantes” com alta repetitividade e produtividade além de concreto autoadensável com 30 MPa de resistência com adição de fibras de vidro, tanto na confecção das paredes como também nas lajes. É dividido em 2 (dois) ciclos construtivos: Ciclo 1 composto por 4 (quatro) primeiros apartamentos com volume de concreto cerca de 72 m³ e Ciclo 2, 4 (quatro) restantes apartamentos mais a adição da escada com volume de concreto de 73m³ (Figura 8).

Figura 8 - Ciclos de Atividades



LEGENDA:

	Apartamento 1		Apartamento 5		Ciclo 1
	Apartamento 2		Apartamento 6		Ciclo 2
	Apartamento 3		Apartamento 7		
	Apartamento 4		Apartamento 8		

Fonte: Adaptado da Empresa "x".

4.3 DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DAS ETAPAS DE EXECUÇÃO DO SISTEMA PCML NA OBRA ESTUDADA

As etapas numeradas no organograma de processos na Figura 9 abaixo é a descrição da sequência de execução do pacote estrutural das PCML. A empresa preza pela segurança, o planejamento e organização dos seus funcionários. Na obra visitada, havia 2 (dois) engenheiros, divididos em campo e escritório; 3 (três) estagiários e 1 (um) mestre de obra. Esses dois últimos cargos são chamados de “líderes de equipe”, que nesse caso o estagiário era “Líder de Equipe de Pacote de Estrutura ou Pacote Estrutural”. Suas composições e funcionalidades serão descritas a seguir.

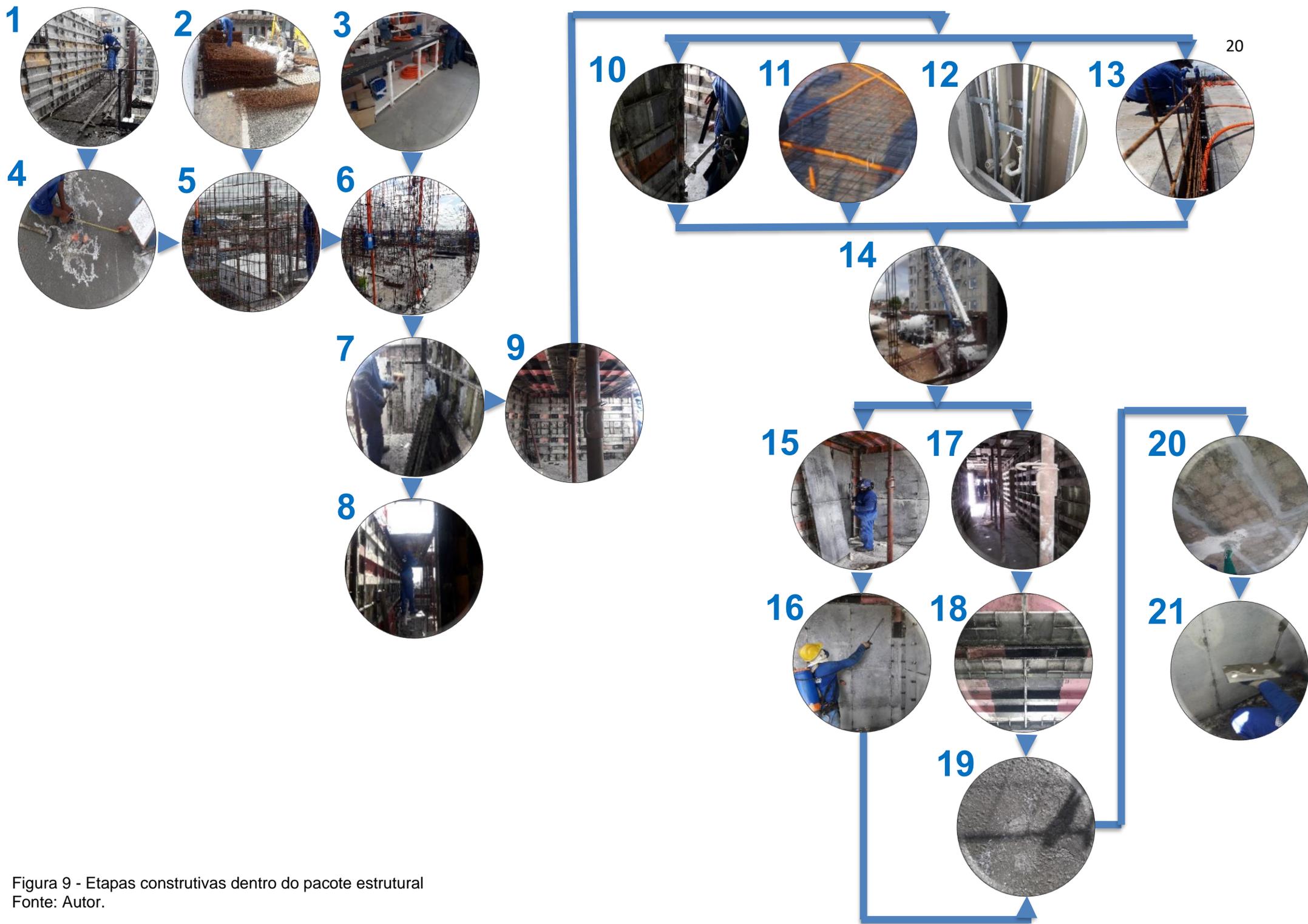


Figura 9 - Etapas construtivas dentro do pacote estrutural
 Fonte: Autor.

4.3.1 Etapa 1 - Instalação de Dispositivo de Segurança

O dispositivo de segurança é um conjunto de ferramentas que dará total segurança ao funcionário que trabalhará tanto no solo quanto em alturas. Trabalho em altura é considerado quando executada a partir de 2,00 m, tendo por base o nível inferior, onde haja risco de queda. As atividades executadas nesse perímetro devem ser sinalizadas e isoladas, estabelecendo sistemas de segurança de ancoragem, andaimes suspensos (plataformas), guarda corpo, linha de vida. Além disso, para o trabalhador é indispensável a utilização de cinturão de segurança tipo paraquedista, ancorado na linha de vida para retenção de queda (Figura 10).

A composição do grupo de funcionários nessa atividade é da seguinte forma: 2 (dois) Armadores de fôrmas para sistema de segurança que executam em 2h (duas horas) essa atividade na qual perfuram o piso de concreto e adicionam suportes para serem encaixados as grades metálicas de proteção, os cabos de aço, pilaretes de aço, passarelas, linha de vida no decorrer do perímetro do ciclo construtivo, no pavimento.

Figura 10 - Dispositivo de Segurança

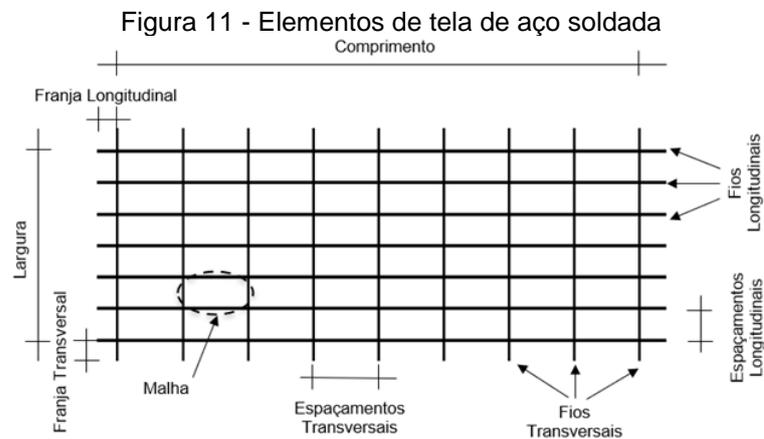


Fonte: Autor.

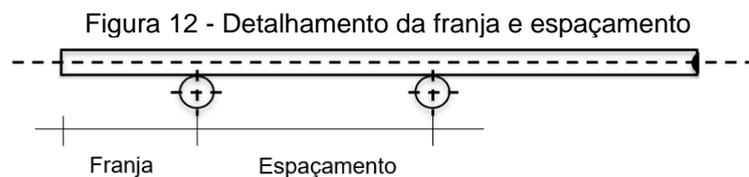
4.3.2 Etapa 2 - Corte e Dobra do Aço (Reforço Estrutural e Telas Metálicas)

No SPC, há elementos primordiais na sua confecção, como as telas de aço e reforços estruturais. Essas telas são soldadas na fábrica, compostas por elementos como franjas, malhas e fios. Os fios e barras têm-se valores característicos de

resistência de escoamento, as barras de aço seguem categorias de CA-25 e CA-50, e os fios de aço na categoria CA-60. Esses fios geralmente são de 10 mm de espessura (Figuras 11 e 12).



Fonte: Adaptado da NBR 7481 (2022).



Fonte: Adaptado da NBR 7481 (2022).

No canteiro de obra, nas telas metálicas eram feitas marcações para portas e janelas e cortadas com uma máquina de corte, utilizando uma turquesa ou esmerilhadeira (Figura 13a). Para serem feitas dobras no aço ou esforços estruturais era utilizado maquinário adequado (Figura 13b).

Figura 13 – Esquema do Corte e Dobra de Aço (Reforço Estrutural e Telas Metálicas)



Fonte: Autor.

- (a) Aberturas em telas metálicas para vãos de portas e janelas;
- (b) Reforços estruturais das portas e janelas.

A equipe para essa atividade era: 3 (três) Serralheiros que cortaram e dobraram as barras de aço, os reforços estruturais de cantos e intermediários de vãos, também faziam as aberturas nas telas metálicas das esquadrias, a exemplo as portas e janelas. Executavam essa atividade em 3h (três horas).

4.3.3 Etapa 3 - Confecção de Kits Elétricos

Os kits elétricos é o conjunto de elementos que fazem parte do sistema de elétrica (Figura 14b).

Geralmente os kits elétricos são compostos por (Figura 14a):

- Eletrodutos;
- Conectores fase, neutro, retorno e terra;
- As caixas de passagens;
- Os quadros de distribuição dos circuitos.

A confecção de kits elétricos deve ser feita em local adequado, com materiais

A equipe para a execução dessa atividade é: 3 (três) Eletricistas que confeccionam os kits elétricos, inserindo os condutores elétricos dentro dos eletrodutos flexíveis, instalando as caixas de passagens de tomadas e interruptores, além dos quadros de distribuição. Realizam a atividade em 3h (três horas).

Figura 14 – Esquema da Confecção dos Kits Elétricos



Fonte: Autor.

- (a) Confecção dos Kits Elétricos;
 (b) Kits Elétricos Confeccionados.

4.3.4 Etapa 4 - Transferência de Eixos

Nessa etapa eram feitas marcações das linhas de faces internas e externas no pavimento, tomando como base o projeto de eixos, desde o primeiro patamar aos demais superiores, a depender da modulação vertical da edificação, as paredes que virão no piso acima seguem a mesma conformação das paredes do piso abaixo. As linhas de faces permitirão a dimensão das paredes que serão distanciadas com aplicabilidade de espaçadores, possibilitando a perfeita locação das fôrmas (Figura 15). O alinhamento, as marcações e a medição no piso eram feitas com utilizações de:

- corda de nylon ou outro tipo de corda, locada de eixo a eixo do transpasse das telas metálicas do piso anterior ao piso superior, para alinhamento e espaçamento das paredes;
- lápis ou algum material que permita escrever no pavimento como por exemplo gesso para marcação;
- martelo ou marreta para pregar espaçador na laje, alguns vem com eixo metálico que serve para ser fincado no piso;
- régua de alumínio, trena e esquadro para utilização de escalas, projeções e angulações.

Figura 15 – Esquema de Transferência de Eixos



Fonte: Autor.

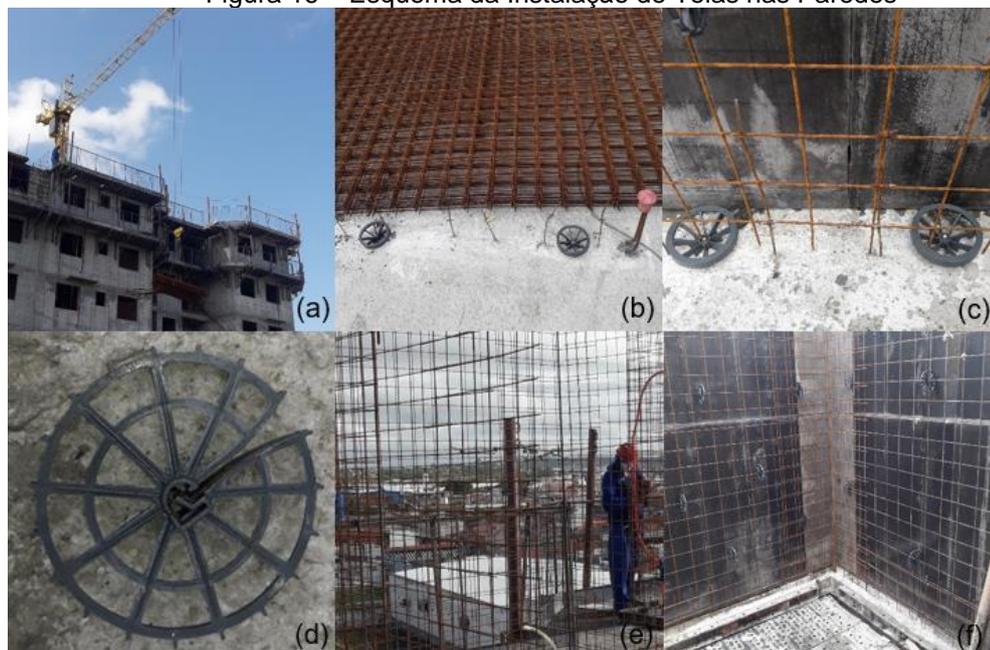
- (a) Marcação do perímetro, medição com uso de trena;
- (b) Adição da linha no entorno do perímetro das marcações;
- (c) Inserindo espaçador no piso da laje;
- (d) Resultado final.

A divisão de trabalhadores era da seguinte forma: equipe composto por 1 (um) Pedreiro e 1 (um) Ajudante executando a atividade com duração de 2h (duas horas), na qual realizam a medição de distâncias de eixos entre cada parede dos apartamentos com auxílio de projeto, alinhamento com linha de nylon e adição de espaçadores no meio das paredes.

4.3.5 Etapa 5 - Instalação de Telas Metálicas (Paredes)

As telas metálicas são soldadas nas telas anteriores do piso abaixo e adicionados reforços estruturais em aço em vãos de esquadrias, regiões que delimitam as portas e janelas, em regiões onde serão as vergas e contravergas, reforços de bordas com bitola de aço maior que as telas em regiões intermediárias e nas delimitações de vãos e cantos (Figuras 16 e 17). Caso a espessura da parede seja acima dos 15 cm, deve-se utilizar duas telas metálicas. Se caso a abertura com dimensões horizontais seja maior ou igual a 40 cm, deve ser reforçada com armaduras horizontais nas faces superior e inferior da abertura.

Figura 16 – Esquema da Instalação de Telas nas Paredes



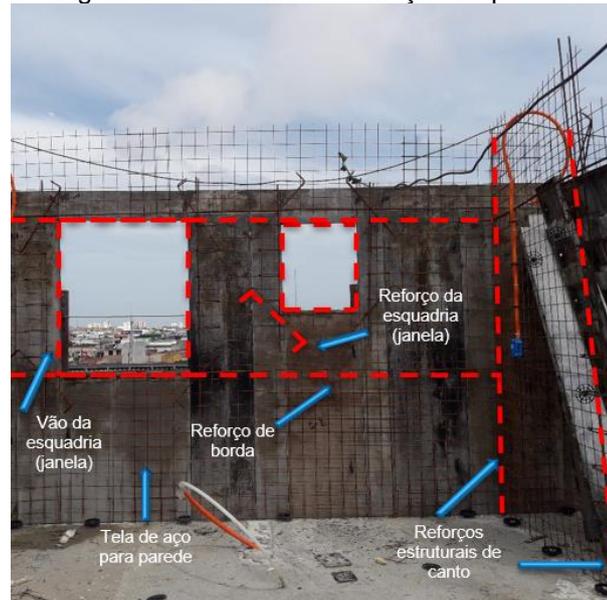
Fonte: Autor.

- (a) Transporte das telas e reforços metálicos;
- (b) Telas metálicas a serem instaladas no pavimento;
- (c) Detalhes dos espaçadores inferiores na laje e a devida instalação das telas metálicas;
- (d) Espaçadores superiores para malhas metálicas (espaçamento);

- (e) Telas Metálicas instaladas no pavimento;
- (f) Espaçadores posicionados nas malhas de aço.

A equipe para essa atividade, em sua constituição, são 5 (cinco) Armadores de telas metálicas que farão a instalação no piso, posicionando-as, soldando e adicionando os espaçadores. O tempo de execução desse serviço é de 5h (cinco horas).

Figura 17 - Detalhes da armação da parede

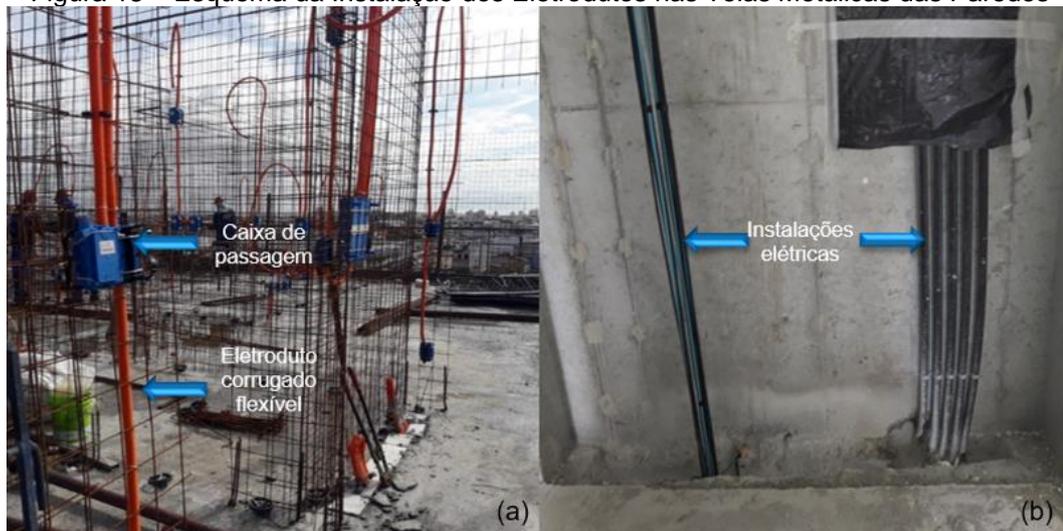


Fonte: Autor.

4.3.6 Etapa 6 - Instalação dos Eletrodutos nas Telas Metálicas (Paredes)

As instalações elétricas são embutidas nas paredes e lajes, adicionadas nas telas metálicas, antes mesmo de serem concretadas. Geralmente utilizando eletrodutos corrugados flexíveis e caixas de passagens reforçadas de PVC, composta por presilhas e servem também como espaçador entre tela e placa metálica (Figura 18a). Se em alguma situação, caixas forem posicionadas de forma inadequada, na parede é feita quebra e adicionado graute para preencher. Em algumas situações pode-se utilizar as instalações elétricas embutidas em Shafts (Figura 18b).

Figura 18 – Esquema da Instalação dos Eletrodutos nas Telas Metálicas das Paredes



Fonte: Autor.

- a) Instalações elétricas na malha;
- b) Instalações elétricas embutidas em shafts.

São 5 (cinco) Eletricistas realizando a instalação dos eletrodutos nas telas metálicas, posicionando e aplicando presilhas, no período de 4h (quatro horas).

4.3.7 Etapa 7 - Aplicação de desmoldante nas fôrmas metálicas e instalação das fôrmas metálicas nas marcações no piso

A instalação das fôrmas é feita por meio de plaquetas + encamisamento (protetor), pinos ou parafusos e cunhas, transversalmente ou paralelamente umas com as outras, além dos alinhadores (barra metálica) ao transcorrer as fôrmas metálicas. Antes de adicionar as plaquetas, são aplicados protetores de espuma, que facilita a retirada das plaquetas depois de concretadas as paredes (Figura 19).

Figura 19 – Esquema da instalação das fôrmas das paredes



Fonte: Autor.

- (a) Limpeza das formas;
- (b) Desmoldante;
- (c) Aplicação do desmoldante;
- (d) Posicionamento da fôrma na parede;
- (e) Pino ou parafuso e cunha;
- (f) Protetores de espuma para plaquetas metálicas (encamisamento de proteção);
- (g) Disposição das plaquetas e seu protetor nas fôrmas;
- (h) Fôrmas posicionadas no vão;
- (i) Travamento e alinhamento com alinhador.

Essa atividade é realizada por 14 (catorze) Carpinteiros Armadores de Fôrmas Metálicas, sendo 12 (doze) internamente, nos cômodos dos apartamentos e corredores, onde 3 (três) funcionários são distribuídos em cada apartamento. Os 2 (dois) funcionários trabalham externamente, instalando placas metálicas na outra face das paredes, nas dependências do ciclo do pavimento correspondente. A tarefa é executada em 4h (quatro horas).

4.3.8 Etapa 8 - Aplicação de desmoldante nas fôrmas metálicas e instalação nas marcações do teto

As instalações das fôrmas e aplicação de peças principais como por exemplo os pinos e cunhas seguem o mesmo procedimento das paredes, são encaixadas acima das fôrmas das paredes, mas precisam ser utilizados pequenos andaimes ou mesas metálicas e escoramento a cada instalação das placas para proporcionar segurança (Figura 20).

Neste serviço, trabalham cerca de 10 (dez) Carpinteiros Armadores de Fôrmas Metálicas, sendo 2 (dois) funcionários responsáveis na instalação de fôrmas no teto em cada 1 (um) apartamento já que são 4 (quatro) apartamentos, totalizando 8 (oito) funcionários. Os outros 2 (dois) são Armadores que realizam a instalação das fôrmas das escadas. Esta etapa é executada em 3h (três horas).

Figura 20 - Instalação das fôrmas das lajes



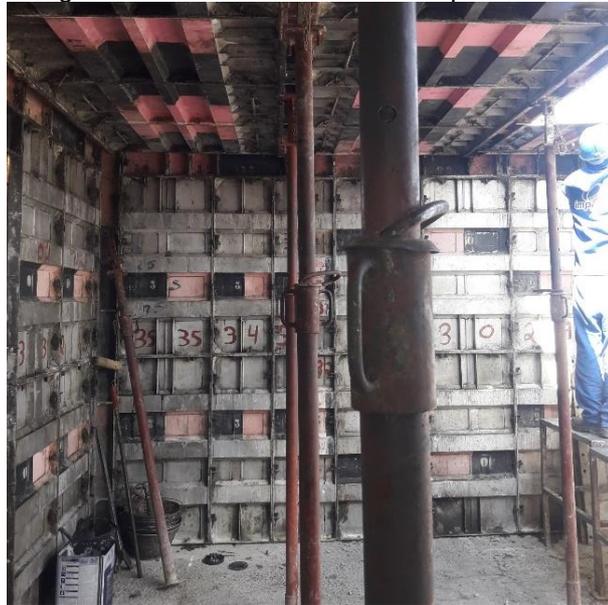
Fonte: Autor.

4.3.9 Etapa 9 - Escoramento das Fôrmas da Laje

O escoramento é a etapa seguinte, em que suportará as fôrmas, instalações elétricas e hidrossanitárias e a concretagem na laje, além dos funcionários farão toda a instalação. O escoramento permite o amparo da estrutura quando ainda o concreto não atinge a resistência desejada e seu módulo de elasticidade mínimo de auto sustento. A falta de um escoramento ou escoramento mal instalado promoverá a formação de flechas nas lajes, além de fissuras (Figura 21).

Para execução dessa atividade são necessários 5 (cinco) Carpinteiros Armadores de Fôrmas Metálicas, 1 (um) para cada apartamento. Esta etapa é executada em 2h (duas horas).

Figura 21 - Escoras metálicas no apartamento



Fonte: Autor.

4.3.10 Etapa 10 – Verificação de Prumo e Esquadro das Fôrmas Metálicas (Paredes)

Depois de serem instaladas as fôrmas metálicas, é preciso a verificação do sistema, analisando o alinhamento, esquadro e travamento com a utilização de prumo de canto, linha de nylon, esquadro, trena e barra de aço ou pé de cabra (Figura 22). Essa etapa é importante pois evitará com que as PC, pós concretadas, apresentem saliências, desnivelamento e desaprumo, irregularidades quanto as telas de aço aparente. São etapas que devem ser corrigidas pois deverão ser reparadas na fase de acabamento, encarecendo o empreendimento quanto aos gastos desnecessários com revestimento. O sistema de PCML apresenta, na sua construção, cargas elevadas pois é um sistema de concreto armado e quando se fala em empreendimento de múltiplos pavimentos e construção vertical, o desaprumo e desnivelamento pode comprometer o eixo de carga.

Nos casos em que as fôrmas estão totalmente desniveladas, é preciso fazer um ajuste quanto ao travamento do piso da laje/fôrmas das paredes, com adição de parafusos chamados de “Parabolts” presos em cabo de aço (Figura 22f). Posterior, devem ser vedadas com material vedante, como por exemplo a espuma

expansivamente (Figura 22h), evitando com que o concreto autoadensável passe pelos furos. Por isso é importante ser criterioso quanto a vigilância e o preparo dos funcionários para não mitigar erros.

A equipe composta por 2 (dois) Carpinteiros Armadores de Fôrmas Metálicas com duração de 3h (três horas) de serviço. Além da verificação de prumo e esquadro, é preciso solucionar problemas de alinhamento das fôrmas.

Figura 22 – Esquema de Imagens da verificação de prumo e esquadro



Fonte: Autor.

- (a) Verificação do prumo das paredes com prumo de canto;
- (b) Verificação das angulações das fôrmas de Paredes antes e pós concretagem;
- (c) Placa trava fôrmas para paredes e parafuso (Parabolt);
- (d) Barra de aço encunhada no extremo para posicionamento/ alinhamento/nivelamento de fôrmas;
- (e) Travamento das fôrmas metálicas no piso com parafusos (Parabolts) e travamento das fôrmas nas aberturas das esquadrias;
- (f) Parafuso (Parabolt) para travamento;
- (g) Nivelamento das fôrmas com aplicação de cabo de aço e parafuso (Parabolt) no piso;
- (h) Espuma expansiva nas aberturas.

4.3.11 Etapa 11 - Instalações de Armações Aço na Laje

Para as instalações da malha de aço na laje, são dispostos os vergalhões em duas direções, ou seja, primeiramente instala-se em uma direção e a próxima disposição de barras é no sentido perpendicular a primeira e amarradas na interseção através de arames de aço (Figura 23a). Seus espaçamentos variavam, entre 10 a 12 cm. Maiores espaçamentos proporcionam perda de resistência mecânica. Utiliza-se as chamadas “cadeirinhas”, espaçadores entre laje e tela metálica, com distância de 5 cm ou mais, vai depender da espessura da laje que pode ser de 12, 15 e 20 cm (Figura 23b). A depender do projeto, são instalados vergalhões com determinadas graduações ou pode ser utilizado a mesma tela de aço adicionadas nas paredes, na qual nessas situações, é preciso a ser feito recortes nas dimensões da laje. Pode haver situações em que é permitido a locação de mais de uma malha de aço sobreposta a outra.

Essa tarefa é executada em 5h (cinco horas) por 2 (quatro) Amadores de Telas em Laje e 2 (dois) Ajudantes.

Figura 23 – Esquema da Instalações das Armações de Aço na Laje



Fonte: Autor.

- (a) Armações de aço na laje;
- (b) Espaçadores de laje tipo “cadeirinha”.

4.3.12 Etapa 12 – Instalações Hidrossanitárias

Nesse tipo de instalação, utilizam-se shafts que são dutos com aberturas verticais para a passagem de tubulações com a prevenção de futuras manutenções. Somando, a respeito dessas instalações, é importante ressaltar o embutimento nas paredes e rebaixamento de lajes com a utilização de forro de gesso.

Se acaso optar por embutimento no concreto deve atender alguns requisitos como a diferença temperatura entre concreto e tubulação não ultrapassar 15°C; a pressão no interior da tubulação deve ser menor que 0,3 MPa; o diâmetro máximo admitido é igual a 50 mm; a tubulação deve ter diâmetro que não ultrapasse 50% da espessura da parede, e que deve proporcionar o cobrimento nominal da armadura de reforço (Figura 24).

As Instalações Hidrossanitárias são realizadas por 1 (um) Encanador e 1 (um) Ajudante em 2h (duas horas) de serviço, posicionando as instalações hidrossanitárias nas devidas marcações na laje e posteriormente as instalações em paredes de Drywall.

Figura 24 – Esquema dos componentes da Instalação Hidrossanitária



Fonte: Autor.

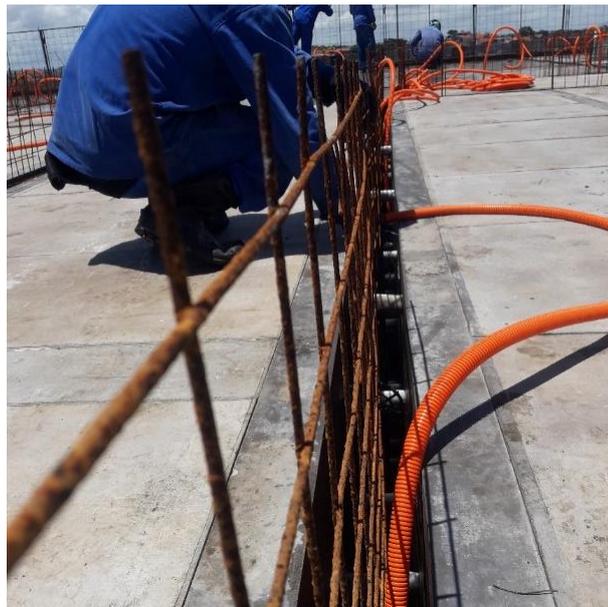
- (a) Sistema de Drywall embutindo instalações elétricas e hidrossanitárias para banheiros e cozinhas;
- (b) Ramal de água e instalação elétrica;
- (c) Dutos de esgoto e água fria;
- (d) Dutos de esgoto e água fria (cozinha).

4.3.13 Etapa 13 - Instalação dos Eletrodutos na Laje

O procedimento segue da mesma forma da Etapa 6 citada anteriormente, das instalações dos eletrodutos nas paredes. São, são embutidas, adicionadas nas telas metálicas, antes mesmo de serem concretadas, utilizando eletrodutos corrugados flexíveis de PVC e caixas de passagens reforçadas presas acima das telas com presilhas plásticas (Figuras 23 e 25).

O grupo de profissionais é composto por 4 (quatro) Eletricistas, que realizam a tarefa em 3h (três horas).

Figura 25 - Instalação dos eletrodutos na laje



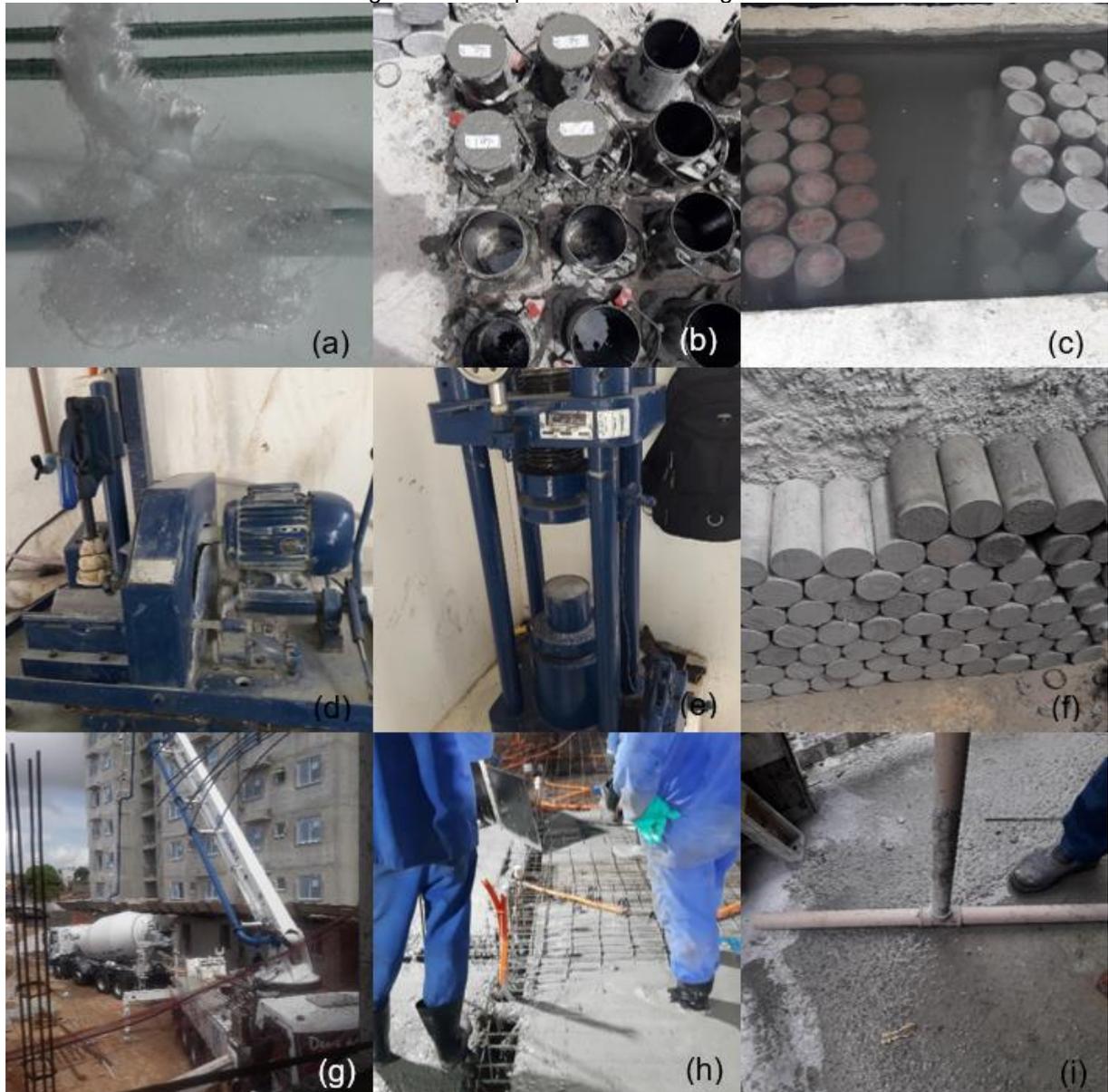
Fonte: Autor.

4.3.14 Etapa 14 - Concretagem

É importante salientar que antes de iniciar a concretagem, verificar a documentação do rastreo do concreto entregue pelo funcionário do caminhão betoneira, dados da obra e lacre do lote. O concreto utilizado é autoadensável, superfluido, com teor de ar incorporado. Sua resistência característica mínima é de 30 MPa aos 28 dias. As fôrmas foram submetidas a pequenos impactos com uso de martelos e marretas, minimizando a formação de bolhas, garantindo o perfeito adensamento. Outro ponto importante é quanto ao nivelamento do concreto no estado

fluido pós concretado a superfície, utilizou-se artifícios que produziam isso, a exemplo o rolo de nivelamento (Figura 26).

Figura 26 – Esquema da Concretagem



Fonte: Autor.

- (a) Fibras de propileno aos corpos de provas ensaiados;
- (b) Confecção dos corpos de prova;
- (c) Corpos de prova submersos no tanque d'água;
- (d) Máquina para facear corpos de prova;
- (e) Máquina de compressão para corpos de prova cilíndrico;
- (f) Corpos de prova rompidos;
- (g) Caminhão betoneira lançando o concreto;
- (h) Trabalhadores realizando a concretagem;
- (i) Rolo para nivelamento utilizado em pós concretagem da laje.

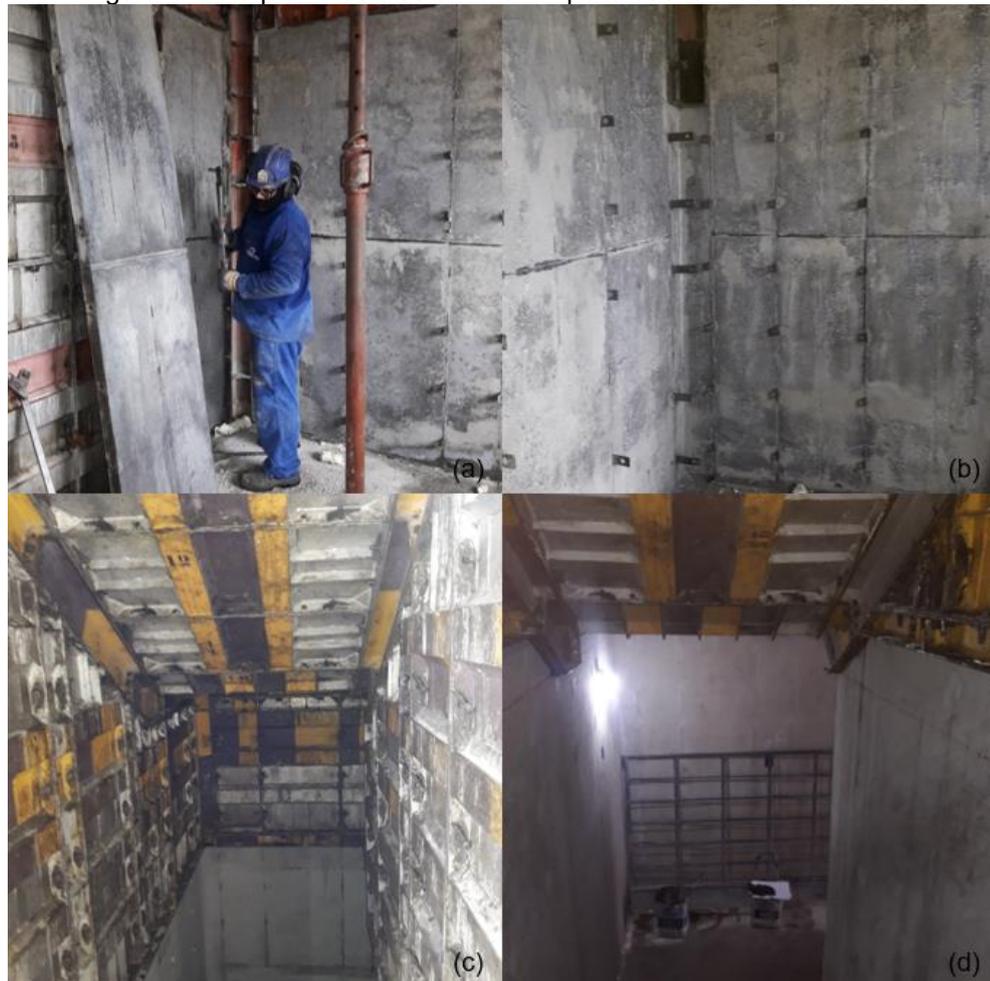
Para a execução dessa atividade é preciso uma equipe composta por 18 (dezoito funcionários), sendo que 2 (dois) Pedreiros são responsáveis pelo o nivelamento pós concretagem utilizando de artifício “rolo de nivelamento”; 2 (dois)

Pedreiros posicionam e apoiam o mangote da máquina para lançamento do concreto nas lajes e paredes; 2 (dois) Ajudantes auxiliam na vedação dos espaços entre fôrmas utilizando de esponja ou espuma expansiva ou outro material vedante caso haja escorrimento do concreto; 1 (um) Pedreiro utiliza-se do nível a laser para verificação do nivelamento da laje quando concretada; 2 (dois) Carpinteiros produzem pancadas nas fôrmas com auxílio de marretas, garantindo a perfeita percolação do concreto mesmo sendo autoadensável; 2 (dois) Carpinteiros limpam as placas com espuma úmida retirando o excesso de concreto e sujeira; 2 (dois) Ajudantes realizam da mesma forma a etapa anterior de limpeza de fôrmas e retirada do excesso de sujeira do concreto; 2 (dois) Eletricistas verificam o adequado cobrimento dos eletrodutos, falhas, danos nas instalações e se estão instalados corretamente nas telas de aço; 1 (um) Encanador e 1 (Ajudante) analisa o adequado cobrimento das encanações de esgoto e água, seu devido posicionamento e possíveis danos; e 1 (um) Meio Oficial é responsável pelo o controle da mestra para retirar o excesso de concreto e também nivelamento quando concretada a laje. Essa etapa é efetuada em 3h (três horas).

4.3.15 Etapa 15 - Desforma e Limpeza das fôrmas das Paredes

Para a desforma é preciso respeitar o tempo mínimo de cura do concreto de certa de 24h (vinte e quatro horas). Depois, retira-se primeiramente as peças principais (parafusos ou pinos, cunhas, plaquetas e alinhadores) das fôrmas das paredes dos apartamentos, e as fôrmas das paredes das escadas (se houver no projeto) (Figura 27).

Figura 27 - Esquema de Desforma e Limpeza das fôrmas das Paredes



Fonte: Autor.

- (a) Desfôrma e limpeza das fôrmas das paredes;
- (b) Paredes sem fôrmas;
- (c) Desfôrma das paredes da escada;
- (d) Fôrmas das paredes das escadas retiradas.

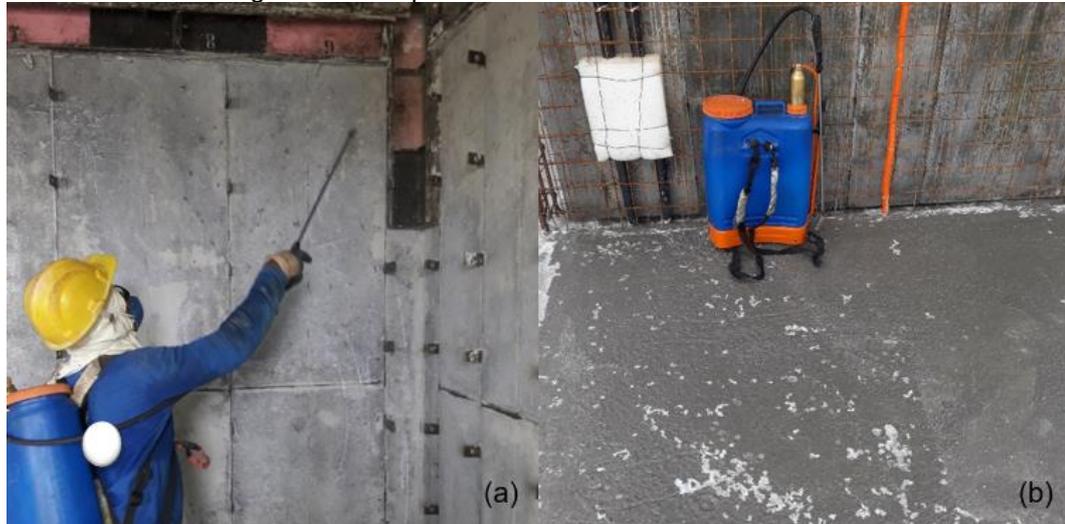
Desforma e Limpeza das fôrmas das Paredes é realizada da mesma forma como foram instaladas e utiliza da mesma equipe, 14 (catorze) Carpinteiros Armadores de Fôrmas ou Placas Metálicas, sendo 12 (doze) internamente nos cômodos dos apartamentos e corredores, ou seja, 3 (três) funcionários para cada edificação e 2 (dois) funcionários externamente, desformando placas metálicas na outra face das paredes, nas dependências do ciclo do pavimento correspondente. São 3h (três horas) de execução da atividade pois nesse caso não adiciona o tempo de transporte das fôrmas de um pavimento a outro e entre apartamentos e nem mesmo o tempo de preparação da placa com adição de desmoldante e posicionamento das peças nas devidas marcações. Quando, na instalação da mesma que é executado o serviço com 1 (uma hora) a mais.

4.3.16 Etapa 16 - Cura Química das Paredes

É uma etapa realizada após retirada as fôrmas das paredes. Um dos principais fatores do uso da cura química é a proteção da estrutura do concreto que irá proteger de agentes prejudiciais que potencializará o aparecimento patologias. A exemplo disso são: a variação de temperatura, as intempéries (vento, chuva, insolação, maresia), sismos. Também, evita a perda repentina de água do concreto que ocasiona o aparecimento de trincas e fissuras, sendo necessária de hidratação da superfície. Essa proteção é chamada de cura, realizada pós desforma e é classificada por cura por molhagem, etapa realizada em períodos de no mínimo 3 (três) dias consecutivos, por 5 (cinco) vezes ao dia, projetando água na superfície concretada; e por agente de cura, com fina camada de produto químico impermeável (Figura 28).

O processo de cura Química das Paredes é realizado por 1 (um) Pedreiro que lança o líquido químico nas paredes concretadas e espera o tempo determinado em projeto e especificação do vendedor. Esta etapa é realizada em 2h (duas horas).

Figura 28 – Esquema da Cura Química das Paredes



Fonte: Autor.

- (a) Execução da Cura química das paredes;
- (b) Máquina para cura química.

4.3.17 Etapa 17 - Retirada das Escoras

A Retirada das Escoras é feita pós cura do concreto de no mínimo 24h (vinte e quatro horas) de acordo com as especificações do projetista estrutural e após é retirada as escoras (Figura 29). A equipe é a mesma utiliza no escoramento das fôrmas do teto, com 5 (cinco) Carpinteiros Armadores de Fôrmas Metálicas, 1 (um)

para cada apartamento. Nessa etapa, eliminam os tempos baseados em quesitos quanto ao nivelamento das escoras posicionadas entre o piso inferior e teto. Outro fator é o perfeito travamento das placas do teto e verificação desse escoramento pois haverá posteriormente, instalações que serão executas acima das fôrmas das lajes e conseqüentemente estas estarão apoiadas nas escoras. Essa etapa é executada em 1h (uma hora) de serviço.

Figura 29 – Esquema da Retirada das Escoras



Fonte: Autor.

- (a) Escoras no corredor;
- (b) Retirada das escoras.

4.3.18 Etapa 18 - Desforma e Limpeza das Fôrmas da Laje

As fôrmas das lajes/teto são retiradas com cautela, com o auxílio de 2 (dois) funcionários, apoiando-se abaixo, se possível, em pequenos andaimes ou bancadas movendo as peças principais (parafusos ou pinos, cunhas, plaquetas e alinhadores) e limpando do excesso de concreto seco (Figura 30).

A desforma utiliza-se da mesma equipe da etapa de aplicação de desmoldante nas fôrmas metálicas e instalação nas marcações do teto (ambientes internos e externos das edificações, corredores e escadas), composta por 10 (dez) Carpinteiros Armadores de Fôrmas Metálicas, sendo 2 (dois) funcionários responsáveis da retirada de fôrmas no teto por 1 (um) apartamento, totalizando 8 (oito) funcionários. Os outros 2 (dois) Armadores realizam a instalação das fôrmas das escadas. Seu tempo de execução é em torno de 2h (duas horas) de serviço, 1h (uma hora) a menos em comparação a instalação de fôrma em laje pois é baseada dos mesmos argumentos

salientados anteriormente: a eliminação de etapas, a exemplo o transporte de fôrmas, a adição de desmoldante, posicionamento de peças nas devidas marcações.

Figura 30 – Esquema da Desforma e Limpeza das Fôrmas da Laje



Fonte: Autor.

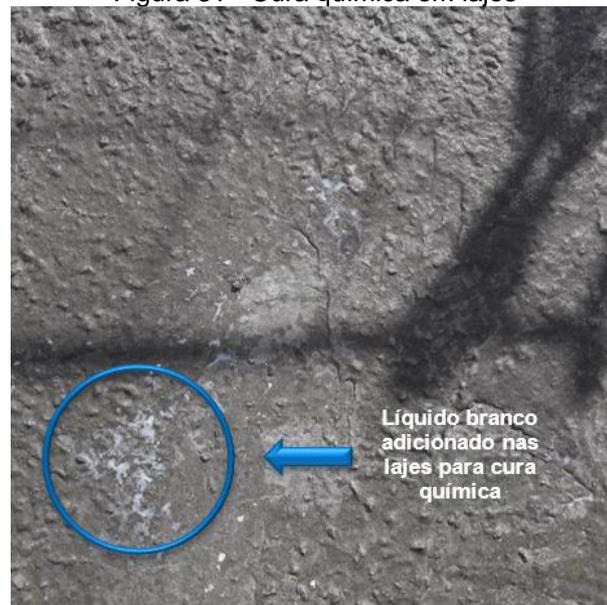
- (a) Fôrmas Metálicas no teto;
- (b) Retiradas das Fôrmas do Teto.

4.3.19 Etapa 19 - Cura Química das Lajes

A cura química das lajes é feita da mesma etapa da cura química das paredes. Essa fase é realizada pós retirada das fôrmas da laje e escoras para posterior, aplicar o líquido impermeável e acelerador de cura tanto no piso da laje acima quanto no teto do pavimento abaixo (Figura 31).

Segue os mesmos princípios da aplicabilidade e quantidade de equipe em Cura Química nas Paredes, realizado por 1 (um) Pedreiro que lança o líquido químico nas lajes concretas e espera o tempo determinado em projeto e especificação do vendedor. Etapa essa realizada em 1h (uma hora) pois a quantidade de área em lajes aplicadas é menor em comparação aos das paredes.

Figura 31 - Cura química em lajes



Fonte: Autor.

4.3.20 Etapa 20 - Mapeamento e Reparo das Fissuras

As fissuras são provocadas desde umidades nas paredes e nos revestimentos como também desestabilizar estruturalmente a região pois pode agravar gradativamente com o passar do tempo.

Para a solução quanto a fissuração é preciso que seja feito primeiramente uma inspeção, levando-se em conta a:

1. localização das fissuras: ambientes no pavimento;
2. natureza das fissuras: onde está iniciando e terminando a(s) fissura(s) e a gravidade da situação;
3. contagem das fissuras;
4. características quanto as atividades: são ativas ou passivas;
5. características quanto as formas: isoladas ou disseminadas;
6. características quanto a geometria: dimensões.

Posterior a isso, é feito um plano para ser inibidas, a depender de cada situação.

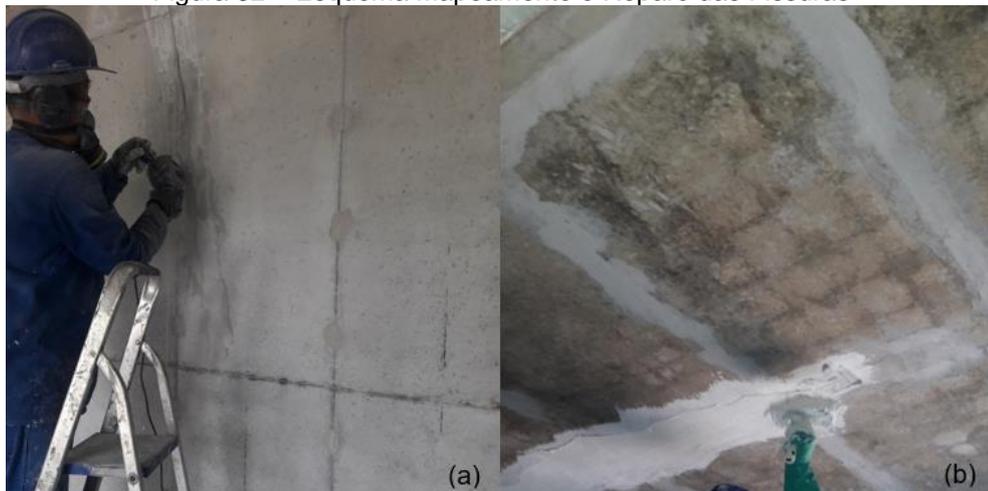
Nesse sentido, para corrigi-las é necessário que:

1. seja feita uma abertura de 1 cm de profundidade, seguindo a fissuração com uma máquina de corte (Figura 32a);
2. deve limpar a abertura e retirar todo o resíduo de concreto, tomando muito cuidado com as telas de aço concretadas pois pode acontecer de os

espaçadores e telas saírem de posição e ficarem suas faces visíveis depois de concretadas;

3. posterior, aplica-se uma resina epóxi contra corrosão ou graute ou argamassa estrutural ou mastique;
4. adiciona membrana acrílica ou membrana de poliuretano;
5. e por fim, sela com argamassa acrílica ou revestimento estrutural (Figura 32b).

Figura 32 – Esquema Mapeamento e Reparo das Fissuras



Fonte: Autor.

- (a) Abertura de fissura com esmerilhadeira;
- (b) Aplicação de Membrana acrílica e revestimento nas trincas.

O Mapeamento e Reparo das Fissuras é uma tarefa constituída por 1 (um) Pedreiro que fará o mapeamento, localizando as conformidades na estrutura, caracterizando-as e realizando os devidos procedimentos como os recortes, aberturas e limpeza; e 1 (um) Pintor que adicionará nas fissuras membranas acrílicas, impermeabilizantes e revestimentos. A execução do serviço leva em torno de 5h (cinco horas).

4.3.21 Etapa 21 - Estucagem

A estucagem é o processo de retirada das plaquetas das paredes, onde nesses locais apresentarão furos que devem ser preenchidos por argamassa, posicionados com uma desempenadeira ou desempoladeira e lançados com auxílio de uma colher de pedreiro (Figura 33). Nesse caso, não há a necessidade de a argamassa ser

estrutural, pode ser utilizado argamassa convencional composta por cimento, areia e água.

A Estucagem é composta por equipe de 2 (dois) Pedreiros que retiram as plaquetas metálicas, caso haja nas paredes e adicionam argamassa convencional nos furos aparentes. Serviço realizado em 3h (três horas).

Figura 33 - Para fuso de fixação (Parabolt)



Fonte: Autor.

4.4 MEMORIAL DE CÁLCULO E DELINEAMENTO DO MÉTODO DAS FLECHAS DAS ATIVIDADES DO SISTEMA DE PCML

Para os resultados será apresentada a EAP (Estrutura Analítica do Projeto) no Quadro 1 das sequências das atividades para melhor divisão e entendimento, onde serão dispostas as descrições das atividades, as predecessoras e as respectivas durações, além da Tabela 1 de Eventos das Atividades e o Tempo Mais Cedo e Tempo Mais Tarde e Figura 34 do Diagrama de PERT/CPM pelo método das flechas, (Método das Flechas) do sistema das PCML.

Quadro 1 – EAP (Estrutura Analítica do Projeto)

ORDEM	SIGLA	ATIVIDADE	PREDECESSORA	DURAÇÕES (HORAS)
1	IDS	Instalação de Dispositivo de Segurança	-	2
2	CDÇ	Corte e Dobra do Aço (Reforço Estrutural e Telas Metálicas)	-	3
3	CKE	Confecção de Kits Elétricos	-	3
4	TRA	Transferência de Eixos (verificação de Nível e Adição de Espaçadores para Locação das Paredes)	IDS	2
5	ITM	Instalação de Telas Metálicas (Paredes)	CDÇ; TRA	5
6	IEP	Instalação dos Eletrodutos nas Telas Metálicas (Paredes)	CKE; ITM	4
7	DFP	Aplicação de desmoldante nas fôrmas metálicas e instalação das fôrmas metálicas nas marcações no piso (adição de espaçadores, plaquetas, pinos e cunhas nas telas metálicas das paredes e escadas)	IEP	4
8	DFT	Aplicação de desmoldante nas fôrmas metálicas e instalação nas marcações do teto (ambientes internos e externos das edificações, corredores e escadas)	DFP	3
9	ESC	Escoramento das Fôrmas da Laje	DFT	2
10	VPE	Verificação de Prumo e Esquadro das Fôrmas Metálicas (Paredes)	ESC	3
11	IAL	Instalações de Armação na Laje	ESC	5
12	IHS	Instalação Hidrossanitária	ESC	2
13	IEL	Instalação dos Eletrodutos na Laje	ESC	3
14	CON	Concretagem	VPE; IAL; IHS; IEL	3
15	DLP	Desforma e Limpeza das fôrmas das Paredes	CON	3
16	CQP	Cura Química das Paredes	DLP	2
17	RES	Retirada das Escoras	CON	1
18	DFL	Desforma e Limpeza das Fôrmas da Laje	RES	2
19	CQL	Cura Química das Lajes	DFL	1
20	MRF	Mapeamento e Reparo das Fissuras	CQP; CQL	5
21	EST	Estucagem	MRF	3

Fonte: Autor.

Tempo Mais Cedo:➤ Evento Inicial: $T_{c(0)} = 0$

O evento (0) abre caminhos para atividades independentes IDS, CDÇ e CKE, ou seja, há a possibilidade de iniciar a sequência de Atividades do Pacote Estrutura do SPCML por essas atividades.

➤ $T_{C(0;1)} = 0 + 2 = 2$

➤ $T_{C(0;2)} = 0 + 3 = 3$

➤ $T_{C(0;3)} = 0 + 3 = 3$

Como o evento (2) recebe duas atividades advindas dos eventos (0) e (1), essas $(0;2) = 3$ e $(1;2) = 4$, faz a comparação, prevalecendo o maior valor entre os dois: $(1;2) = 4$, pois para que o evento (2) seja atingido, é preciso que a atividade CDÇ e TRA sejam concluídas.

➤ $T_{C(1;2)} = 2 + 2 = 4$

Para $T_{C(2;3)} = 4 + 5 = 9$, assim como no evento (2) que recebe duas atividades, faz-se a mesma análise para o evento (3) que recebe também duas atividades $(0;3) = 3$ e $(2;3) = 9$, prevalecendo o maior valor entre os dois: $(2;3) = 9$.

➤ $T_{C(3;4)} = 9 + 4 = 13$

➤ $T_{C(4;5)} = 13 + 4 = 17$

➤ $T_{C(5;6)} = 17 + 3 = 20$

➤ $T_{C(6;7)} = 20 + 2 = 22$

O evento 7 abaixo é considerado ramificado pois saem várias atividades para vários outros eventos. Além disso, para que a atividade CON (Concretagem) inicie é preciso primeiramente que a atividade IAL (Instalações de Armação na Laje) seja concluída:

➤ $T_{C(7;8)} = 22 + 3 = 25$

➤ $T_{C(7;9)} = 22 + 5 = 27$

➤ $T_{C(7;10)} = 22 + 3 = 25$

➤ $T_{C(7;11)} = 22 + 2 = 24$

Os eventos 8, 9 e 10 que saem do evento 7 e partem para o evento 11 com atividades, essas são consideradas atividades fantasma representados por flechas tracejadas e duração igual a 0 (zero), perpetuando o valor da duração anterior, pois as atividades não devem ser representadas paralelamente, sendo necessária a criação de atividades fantasmas cuja duração é considerada 0 (zero) de um evento.

➤ $T_{C(8;11)} = 25 + 0 = 25$

➤ $T_{C(9;11)} = 27 + 0 = 27$

$$\text{➤ } TC_{(10;11)} = 25 + 0 = 25$$

Nesse sentido, comparando os valores admite-se o maior resultado entre os eventos (7;11), (8;11), (9;11), e (10;11): $TC_{(9;11)} = 27 + 0 = 27$, considerado atividade fantasma IAL'.

$$\text{➤ } TC_{(11;12)} = 27 + 3 = 30$$

$$\text{➤ } TC_{(12;13)} = 30 + 3 = 33$$

$$\text{➤ } TC_{(13;16)} = 33 + 2 = 35$$

$$\text{➤ } TC_{(12;14)} = 30 + 1 = 31$$

$$\text{➤ } TC_{(14;15)} = 31 + 2 = 33$$

$$\text{➤ } TC_{(15;16)} = 33 + 1 = 34$$

Considerar a duração do evento (13;16) = 35.

$$\text{➤ } TC_{(16;17)} = 35 + 5 = 40$$

$$\text{➤ } TC_{(17;18)} = 40 + 3 = 43$$

O Tempo Final (Tf) do Tempo Mais Cedo (TMC) é igual a 43h (quarenta e três horas). Esse é o Evento Final (18).

Os eventos 3, 4, 5, 6, 7, 11 e 12 são consideradas em série pois são dependentes com os demais.

Os eventos 8, 9, 10, 13, 14 e 15 são consideradas em paralelas, pois são independentes uma das outras.

O Caminho Crítico é: IDS, TRA, IDM, IEP, DFP, DFT, ESC, IAL, IAL', CON, DLP, CQP, MRF e EST.

Tempo Mais Tarde (TMC):

- Evento Inicial: $Tt_{(18)} = 43$

$$\text{➤ } Tt_{(17;18)} = 43 - 3 = 40$$

$$\text{➤ } Tt_{(16;17)} = 40 - 5 = 35$$

As atividades EST e MRF representadas pelos eventos (17;18) e (16;17) não apresentam nenhuma folga pois os Tempos Mais Cedo e Tempos Mais Tarde são iguais: 43, 40 e 35 horas respectivamente.

O evento (16) termina após o evento (17), iniciando a ramificação para os eventos (15) da atividade CQL com duração de 1h (uma hora) e (13) da atividade CQP com duração de 2h (duas horas). Nesse caso, atividade CQL parte para atividade DFL tendo em vista folga de 1h (uma hora), essa para atividade de RES com folga de 1h

(uma hora) também. Terminado a atividade CQP com evento de (16), inicia-se a atividade DLP com evento (13) sem folga.

$$\text{➤ } TC_{(15;16)} = 35 - 1 = 34$$

$$\text{➤ } TC_{(14;15)} = 34 - 2 = 32$$

$$\text{➤ } TC_{(12;14)} = 32 - 1 = 31$$

$$\text{➤ } TC_{(13;16)} = 35 - 2 = 33$$

$$\text{➤ } TC_{(12;13)} = 33 - 3 = 30$$

Tendo em vista duas atividades que chegam ao evento 12 na atividade CON, a atividade RES com duração de Tempo Mais Tarde de 31h (trinta e uma horas) e atividade DLP com 30h (trinta horas), deve ser escolhido o menor entre os dois valores e que nesse caso será 30h (trinta horas).

$$\text{➤ } TC_{(11;12)} = 30 - 3 = 27$$

A partir dos eventos (11;12), será ramificada, ou seja, atividades em paralelo e seguirá sendo fantasma, menos os eventos (7;11), evento com atividade normal. Os eventos (10;11) com atividade VPE e (8;11) com atividade IEL, tem folga de 2h (duas horas) pois o Tempo Mais Tarde é de 27h (vinte e sete horas) e o Tempo Mais Cedo é de 25h (vinte e sete horas).

$$\text{➤ } TC_{(10;11)} = 27 - 0 = 27$$

$$\text{➤ } TC_{(9;11)} = 27 - 0 = 27$$

$$\text{➤ } TC_{(8;11)} = 27 - 0 = 27$$

$$\text{➤ } TC_{(7;11)} = 27 - 2 = 25$$

$$\text{➤ } TC_{(7;10)} = 27 - 3 = 24$$

$$\text{➤ } TC_{(7;9)} = 27 - 5 = 22$$

$$\text{➤ } TC_{(7;8)} = 27 - 3 = 24$$

Entre os eventos e suas respectivas atividades (7;11) IHS, (7;10) IEL, (7;9) IAL, (7;8) VPE, deve escolher a menor duração, nesse caso o evento, (7;9) IAL, com duração de 5h (cinco horas), 27h (vinte e sete horas) do Tempo Mais Tarde e iniciando a atividade ESC com duração de 22h (horas) pata Tempo Mais Tarde. Nessa análise optou-se essa atividade com essa duração e quantidade de funcionários sendo que na IAL (Instalação de Armação na Laje) geralmente é uma atividade que necessite de mais atenção na sua instalação.

$$\text{➤ } TC_{(6;7)} = 22 - 2 = 20$$

$$\text{➤ } TC_{(5;6)} = 20 - 3 = 17$$

$$\text{➤ } TC_{(4;5)} = 17 - 4 = 9$$

Os eventos (4;3) que ramificam para as atividades CKE e ITM, terão folgas de 6h (seis horas) pois os Tempos Mais Cedo e Mais Tarde são diferentes, sendo estes 3h (três horas) e 9h (nove horas), respectivamente. As atividades CDÇ, eventos (1;2) e TRA, eventos (0;2) com folga de 1h (uma hora).

$$\text{➤ } TC_{(3;4)} = 9 - 5 = 4$$

$$\text{➤ } TC_{(1;2)} = 4 - 2 = 2$$

$$\text{➤ } TC_{(0;3)} = 9 - 3 = 6$$

$$\text{➤ } TC_{(0;2)} = 4 - 3 = 1$$

$$\text{➤ } TC_{(0;1)} = 2 - 2 = 0$$

Atividade necessária para o fim do ciclo é a IDS pois termina em 0 (zero), tendo duração de 2h (duas) e sem folga onde o Tempo Mais Cedo (TMC) é igual ao Tempo Mais Tarde (TMT). O circuito é o mesmo do Tempo Mais Tarde, onde o Caminho Crítico é: IDS, TRA, IDM, IEP, DFP, DFT, ESC, IAL, CON, DLP, CQP, MRF e EST.

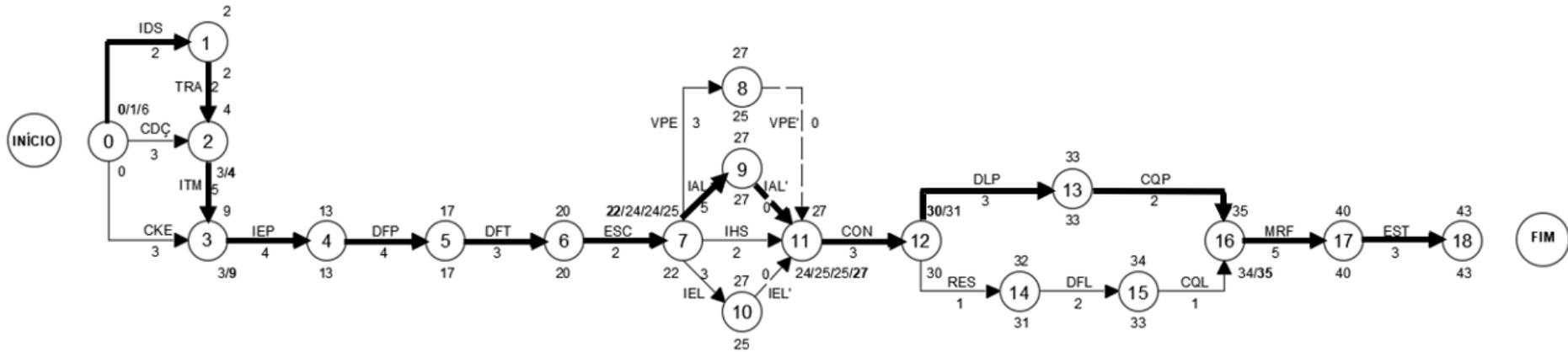
Tabela 1 – Eventos das Atividades e o Tempo Mais Cedo e Tempo Mais Tarde

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

Fonte: Autor.

Observação: As durações das folgas das atividades fantasma nesse tipo de diagrama não conta pois são fictícias, sem valor nenhum.

Figura 34 - Diagrama de PERT/CPM (Método das Flechas) do SPCML

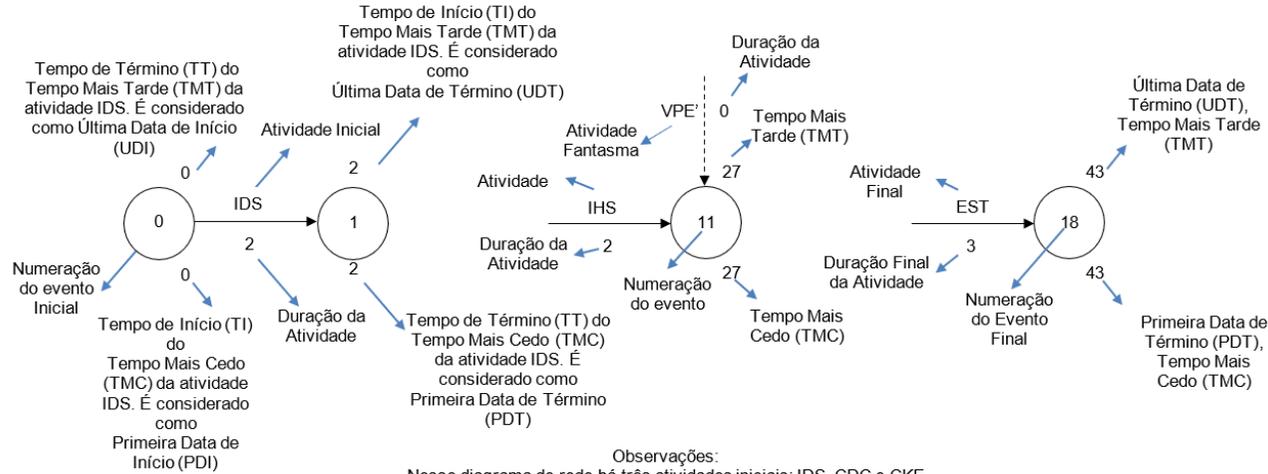


Legenda:

a) Atividade Inicial

b) Atividade Intermediária

c) Atividade Final



Observações:
 Nesse diagrama de rede há três atividades iniciais: IDS, CDÇ e CKE
 Quando o Tempo Mais Cedo (TMC) é igual ao Tempo Mais Tarde (TMT) não haverá folga.
 No diagrama acima as atividades CQL, DFL, RES, IEL, VPE, CKE e CDÇ apresentam folgas.
 As flechas destacadas em Negro no diagrama do sequenciamento representam o Caminho Crítico

Fonte: Autor.

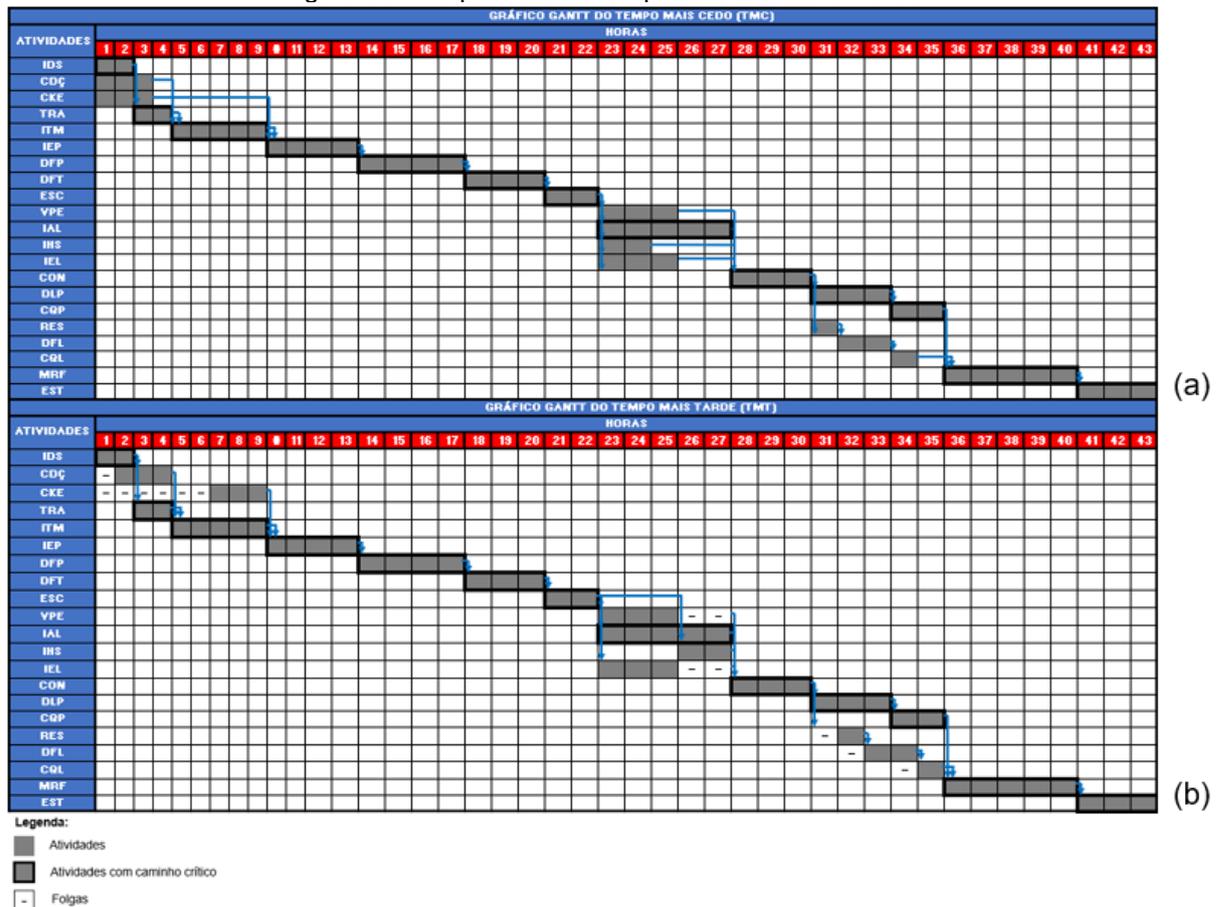
4.5 ELABORAÇÃO DO DIAGRAMA DE GANTT

A descrição das atividades está exposta nas Figuras 35 (a) e (b) abaixo, obedecendo a EAP (Estrutura Analítica e Projeto) do Quadro 2.

Primeiramente foram descritas as atividades e suas precedências. Posteriormente, foram descritas suas respectivas durações, folgas e o caminho crítico. As informações contidas nos quadros horizontais em cinza são as execuções de cada atividade, respeitando os valores de durações em vermelho na vertical. As atividades estão representadas na cor cinza. Os pontilhados são as representações e folgas das atividades e é notório no gráfico 1(b) do Tempo Mais Tarde (TMT). As flechas em azuis significam os terminos das atividades e os inícios de outras atividades, sendo em série ou em paralelo. O caminho crítico é representado pela borda preta destacada nos quadros. O Diagrama de Gantt não possibilita a identificação das atividades fantasmas, visível e descrita no Método das Flechas da Rede PERT/CPM anterior pois o ajuste nas atividades é feito por quadrado sequenciais.

No Gantt é visível a definição clara de prazos das atividades concluídas ou atrasadas e a melhor representação da duração da atividade. Para o Tempo Mais Cedo (TMC) a atividade TRA tem duração de 4h (quatro horas) e inicia após IDS, essa 1h (uma hora) antes das atividades CDÇ e a CKE. A atividade IAL possui 2h (duas horas) de duração a mais do que a VPE e a IEL. Nesse tipo de gráfico não há representação dos eventos destacados no método anterior. O fim do projeto é o mesmo para os dois métodos com 43h (quarenta e três horas). As atividades no gráfico 1(b) do Tempo Mais Tarde (TMT), CQL, DFL, RES e CDÇ tem folga de 1h (uma hora); as atividades IEL e VPE tem folga de 2h (duas horas); já a atividade CKE tem folga de 6h (seis horas).

Figura 35 - Esquema dos Tempos Mais Cedo e Tarde



Fonte: Autor.

- (a) Tempo Mais Cedo (TMC);
 (b) Tempo Mais Tarde (TMT) do SPCML.

4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do trabalho realizado foi alcançado pois o intuito deste trabalho era analisar o planejamento o sequenciamento de atividades dentro do pacote estrutural do sistema PCML.

Na obra vivenciada foi elaborada a EAP (Estrutura Analítica do Projeto), suas atividades, predecessoras, durações, analisando as folgas e o caminho crítico para o melhor sequenciamento.

Para os dois métodos a duração encontrada foi 43h (quarenta e três horas). Nas duas ferramentas utilizadas, o para o Caminho Crítico resultou em 13 atividades: IDS, TRA, IDM, IEP, DFP, DFT, ESC, IAL, CON, DLP, CQP, MRF e EST. A atividade IAL' é uma atividade fantasma, não é demonstrada no Diagrama do Gantt' e não é contada no Caminho Crítico nos dois métodos pois não tem duração. As atividades

CDÇ, CKE, VPE, IEL, RES, DFL e CQL está fora do Caminho Crítico pois em comparação as demais, suas durações nesses caminhos são menores e as folgas necessárias nas atividades pode atrasar sem prejudicar as datas de início. Nesse sentido, os TMC e TMT das atividades do Caminho Crítico são iguais, sem atrasos em suas durações.

Como salientado nos tópicos anteriores foram realizadas pesquisas em bibliografias, contudo a escassez de informações dificultou a constituição de uma base teórica para o planejamento e sequenciamento de atividades do sistema PCML. Somando, foi preciso a expertise e experiência vivenciada em outros sistemas convencionais e inovadores para pôr em prática um sequenciamento de informações.

A programação da rede PERT/CPM (Método das Flechas) em sua constituição é bem organizada, informando detalhadamente o sequenciamento, dividido em atividades menores. Já o Diagrama de Gantt utiliza da simplificação de informações na leitura, mas a depender do sistema empregado, as atividades envolvidas e as suas durações, pode torná-lo complexo e de difícil compreensão das folgas e caminho crítico.

Nesse sentido, os dois métodos têm precisão nos resultados, mas em questão de visualização de predecessoras, determinação do caminho crítico e durações, a Rede PERT/CPM (Método das Flechas) se destacou.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Parede de Concreto: Coletânea de ativos 2008/2009**. Parede de Concreto. São Paulo: Comunidade da Construção, 2008/2009.

_____. **Parede de Concreto: Coletânea de ativos 2009/2010**. Parede de Concreto. São Paulo: Comunidade da Construção, 2009/2010.

_____. **Parede de Concreto: Coletânea de ativos 2015**. São Paulo: Comunidade da Construção, 2015.

ABREU, M. M.; LORDSLEEM, J. **Indicadores de perda e produtividade do sistema parede de concreto**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 59, 2017, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves, 2017.

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

ARÊAS, D. M. **Descrição do processo construtivo de parede de concreto para obra de baixo padrão**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7481 - **Tela de aço soldada nervurada para armadura de concreto – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2022.

_____. NBR 16055 - **Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações — Requisitos e procedimentos**. Rio de Janeiro, 2012.

BERNARDES, M. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 190p.

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.

CORSINI, R. **Paredes Normatizadas**. Técnica - PINI, São Paulo, dez. 2011. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/183/paredes-normatizadas-norma-inedita-para-paredes-de-concreto-moldadas-287955-1.aspx>>. Acesso em 21 de dezembro de 2021.

FORMOSO, C. T. **Lean Construction: princípios básicos e exemplos. Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obra**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul- NORIE/UFRS. V. 15, p 50 – 58, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projeto de pesquisa**. 4º ed. São Paulo: Atlas, 2002. 23p.

JANG, H.; KIM, K.; KIM, J.; JAEJUN, K. **Labour productivity model for reinforced concrete construction projects**. Construction Innovation, v. 11, n. 1, p. 92-113, 2011. ISSN 1471-4175.

KIM, T. W. et al. **Productivity Management Methodology Using Productivity Achievement Ratio**. KSCE Journal of Civil Engineering, v. 15, n. 1, p. 23-31, 2011. ISSN 1976-3808.

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

_____. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. 296p. Thesis (Doctor). Espoo, Finlândia: VTT. 2000.

LIMMER, C. V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro: LTC, 1997. 225 p. il.

LORENZON, I. A.; MARTINS, R. A. **Discussão sobre a medição de desempenho na lean construction**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13, 2006, Bauru. Anais eletrônicos... Bauru: Unesp, 2006. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/505.pdf>. Acesso em: 23 de dezembro 2021.

LORDSLEEM J., A. C. et al. (1998a). **Estágio atual do uso de paredes maciças moldadas no local em São Paulo**. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS – SOLUÇÕES PARA O TERCEIRO MILÊNIO. São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Civil – PCC. nov., 1998.

_____. (1998b). **O processo de produção das paredes maciças**. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS VEDAÇÕES VERTICAIS – TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1998, SÃO PAULO. Anais... São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Civil – PCC.

MARTINS, G. A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 250p.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. Editora: Pini; 1ª edição (1 abril 2010), 420 páginas.

MISURELLIE, H.; MASSUDA, C. **Como Construir Paredes de Concreto**. Técnica, São Paulo: Editora PINI, nº 147, p. 74 - 80, junho de 2009.

NUNES, V. Q. G. **Análise estrutural de edifícios de paredes de concreto armado**. Tese (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 27. 2011.

PRIESTLEY, M.J.N. **Overview of PRESSS Research Program**. PCI J 1991;36(4):50–7.

SELLTIZ, C.; JAHODA, M.; DEUTSCH, M.; COOK, S. **Research Methods in Social Relations**. (1967, p. 63). Publicação: São Paulo, HEDER: Editora da Universidade de São Paulo, 1965. 715 p

SILVA, F. B. da. **Painéis estruturais pré-moldados maciços de concreto armado para execução de paredes**. Técnica, ed. 180, Mar. 2012. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/180/artigo286898-1.aspx>> Acesso em: 12 de dezembro de 2021.

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.

VIEIRA, L. B. **Projeto de paredes de concreto armado: apresentação das recomendações normativas e avaliação da influência das aberturas**. 2014. 128 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia de Estruturas) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

XAVIER, I. **Orçamento, planejamento e custos de obras**. Curso 2008. FUPAM – (Fundação Para Pesquisa Ambiental). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – FAU – USP. Universidade de São Paulo – USP.

YIN. R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3 ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.