

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

Thaís Karol Heck Schmitt

**A PRODUTIVIDADE NA EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO EM PAVIMENTOS REPETITIVOS:
UM ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA LOCALIZADA EM
PORTO ALEGRE – RS**

Porto Alegre
Setembro 2021

THAÍS KAROL HECK SCHMITT

**A PRODUTIVIDADE NA EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO EM PAVIMENTOS REPETITIVOS:
UM ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA LOCALIZADA EM
PORTO ALEGRE – RS**

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

Orientadora: Cristiane Sardin Padilla de Oliveira

Porto Alegre

Setembro 2021

THAIS KAROL HECK SCHMITT

**A PRODUTIVIDADE NA EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO EM PAVIMENTOS REPETITIVOS:
UM ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA LOCALIZADA EM
PORTO ALEGRE – RS**

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

Porto Alegre, setembro de 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof.a Cristiane Sardin Padilla de Oliveira

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Orientadora

Prof. Ruy Alberto Cremonini (UFRGS)

Dr. pela Universidade de São Paulo (USP)

Eng. Deividi Maurenre Gomes da Silva (UFRGS)

Me. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Dedico este trabalho à minha família, por serem a minha
base e porto seguro.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente e principalmente, aos meus pais, Sandra e Airton, pelo apoio incondicional, por sempre acreditarem no meu potencial e por todo suporte durante estes anos da graduação.

Agradeço à minha irmã, Taciana, pela compreensão da minha ausência durante os anos de graduação, por ser meu ponto de paz e por quem luto para ser um exemplo de pessoa e profissional.

Agradeço ao meu namorado, Maurício, pelo apoio e amor dado durante todo o processo, por não me deixar desistir, pela compreensão e parceria nos momentos mais complicados dessa etapa.

Agradeço a minha orientadora, Professora Cristiane, por me auxiliar, guiar e contribuir durante a realização deste trabalho.

Agradeço imensamente aos meus colegas de empresa, na pessoa do Engenheiro Felipe e do Mestre Ferreira, exemplos de profissionais, por todo conhecimento e ensinamentos durante o período de estágio.

Agradeço à empresa que permitiu que o estudo de caso fosse realizado.

Agradeço aos meus amigos, do interior e da capital, pelo apoio e amizade incondicional.

Agradeço, por fim, aos professores do curso de Engenharia Civil da UFRGS por todo conhecimento transmitido.

A tarefa é não tanto para ver o que ninguém viu ainda,
mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre o que todo
mundo vê.

Arthur Schopenhauer

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso realizado na cidade de Porto Alegre – RS entre o período de junho de 2020 a novembro de 2020, em que foi analisada a produtividade na execução da estrutura em concreto armado nos pavimentos tipo da edificação em questão. A partir da revisão da literatura, foram conceituados os componentes da estrutura em concreto armado bem como os termos de produtividade, focando na análise da mão de obra. Foi abordado também o conceito de efeito aprendizagem através da observação das curvas de aprendizagem, efeito este que ocorre em pavimentos que são repetitivos. Outrossim, foi apresentado um indicador existente no segmento da construção civil (SINAPI) para avaliar a produtividade no setor. Na segunda parte do trabalho, foi apresentado o produto objeto deste estudo, bem como todos os processos adotados pela empresa na execução dos serviços de formas, armação e concretagem. Além disso, foram expostos os quantitativos de serviço e também da equipe disponível para a execução da estrutura. Por fim, na terceira etapa do trabalho, os dados coletados foram apresentados e analisados, obtendo-se os valores de produtividade para cada etapa e para o ciclo completo. Observou-se um bom desempenho dos resultados da obra objeto de estudo ao se comparar com os indicadores apresentados pelo SINAPI. Ademais, a partir das curvas de aprendizagem geradas, concluiu-se que para o serviço de montagem e desmontagem das formas existe significativo efeito aprendizagem, quando para os serviços de armação e concretagem esse efeito é mínimo.

Palavras-chave: Produtividade, mão de obra, estruturas de concreto armado e aprendizagem.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vantagens do concreto, do aço e do concreto armado	19
Figura 2 – Etapas da execução da estrutura em concreto armado	20
Figura 3 – Elementos constituintes do sistema de formas e suas respectivas funções.....	23
Figura 4 – Componentes do sistema de formas	24
Figura 5 – Sistema de formas mistas	25
Figura 6 – Classificação dos sistemas de formas	26
Figura 7 – Etapas do serviço de armação	30
Figura 8 – Etapas do serviço de concretagem	33
Figura 9 – Produtividade da mão de obra.....	38
Figura 10 – Fatores que afetam a produtividade	41
Figura 11 – Modelos de curvas de aprendizagem	43
Figura 12 – Composições SINAPI para montagem e desmontagem de forma de pilares.....	46
Figura 13 – Composições SINAPI para montagem e desmontagem de forma de viga	47
Figura 14 – Composições SINAPI para montagem e desmontagem de forma de laje.....	47
Figura 15 – Composições SINAPI para armação em estruturas convencionais.....	48
Figura 16 – Composições SINAPI para concretagem de pilares.....	49
Figura 17 – Composições SINAPI para concretagem de vigas e lajes.....	49
Figura 18 – Empreendimento objeto de estudo	50
Figura 19 – Identificação dos pavimentos tipo.....	51
Figura 20 – Projeto de formas do pavimento tipo	52
Figura 21 – Modelo em 3D da estrutura em concreto armado	52
Figura 22 – Detalhe das floreiras nos pavimentos ímpares	53
Figura 23 – Layout do canteiro.....	54
Figura 24 – Posição da minigrua	55
Figura 25 – Central de formas com projetos de produção disponíveis	61
Figura 26 – Central de formas	62
Figura 27 – Bancada de corte na central de formas.....	62
Figura 28 – Detalhe genérico de projeto para execução dos ganchos	63
Figura 29 – Grade de pilar.....	64
Figura 30 – Projeto de viga.....	64
Figura 31 – Escoras das vigas.....	65
Figura 32 – Sistema de forma mista, tramada, com escoras de madeira e metálicas	66

Figura 33 – Armazenamento das formas confeccionadas – escoras das vigas.....	67
Figura 34 – Armazenamento das formas confeccionadas – grades de pilar.....	67
Figura 35 – Armazenamento das formas confeccionadas – escoras das vigas e painéis das vigas	68
Figura 36 – Eixos para locação	69
Figura 37 – “Caranguejo” de marcação.....	69
Figura 38 – Exemplo de transferência de eixos com o uso do fio de prumo e nível a laser	70
Figura 39 – Ampliação do projeto de marcação dos gachos dos pilares	71
Figura 40 – Processo de marcação dos gachos	71
Figura 41 – Gachos locados conforme projeto	72
Figura 42 – Colocação da armadura dos pilares.....	73
Figura 43 – Colocação das grades dos pilares	74
Figura 44 – Forma de pilar concluída.....	75
Figura 45 – Escoras das vigas posicionadas no pavimento	76
Figura 46 – Início colocação dos painéis de fundo das vigas.....	77
Figura 47 – Distribuição dos painéis de fundo de viga	78
Figura 48 – Montagem dos painéis laterais das vigas	79
Figura 49 – Componentes da forma	80
Figura 50 – Posicionamento das escoras e da estrutura de apoio para os painéis da laje (barroteamento)	81
Figura 51 – Projeto de paginação da laje.....	81
Figura 52 – Testemunho metálico para transferência dos eixos para o pavimento a ser assoalhado.....	82
Figura 53 – Processo de assoalhamento da laje.....	83
Figura 54 – Içamento das vigas pré-armadas através da minigrua.....	83
Figura 55 – Transporte das armaduras das vigas para a posição correta.....	84
Figura 56 – Colocação das armaduras das vigas nas formas.....	84
Figura 57 – Marcação da posição da armadura positiva	85
Figura 58 – Armadura negativa colocada no pavimento.....	86
Figura 59 – Forma e armadura da escada	87
Figura 60 – Pavimento pronto para ser concretado – vista superior	88
Figura 61 – Pavimento pronto para ser concretado – vista inferior.....	88
Figura 62 – Pavimento pronto para ser concretado – vista inferior.....	89
Figura 63 – Caminhões betoneira aguardando descarga e bomba posicionada	90

Figura 64 – Local da tubulação do concreto.....	91
Figura 65 – Descarregamento do concreto na jericá	92
Figura 66 – Lançamento do concreto em base de madeira e adensamento com vibrador	93
Figura 67 – Cota de parada do concreto	94
Figura 68 – Lançamento e adensamento do concreto.....	95
Figura 69 – Execução dos pontos de referência	96
Figura 70 – Conferência da espessura da laje.....	96
Figura 71 – Execução das mestras para posterior sarrafeamento	97
Figura 72 – Acabamento superficial da laje	98
Figura 73 – Laje polida.....	98
Figura 74 – Mantas de drenagem para cura da laje	99
Figura 75 – Método adotado para facilitar a desforma.....	100
Figura 76 – Desforma parcial	101
Figura 77 – Desforma total.....	102
Figura 78 – Sequência de desforma das faixas de reescoro e painéis de fundo	103
Figura 79 – Detalhe das vigas invertidas da floreira	104
Figura 80 – Exemplo de relatório de ensaio de massa específica	110

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Média da quantidade de carpinteiros por pavimento.....	111
Gráfico 2 – Homem-hora para o serviço de formas	112
Gráfico 3 – Média da quantidade de armadores por pavimento.....	113
Gráfico 4 – Homem-hora para o serviço de armação	113
Gráfico 5 – Média da quantidade de funcionários para os serviços de concretagem.....	114
Gráfico 6 – Homem-hora para o serviço de concretagem.....	115
Gráfico 7 – Produtividade para o serviço de formas	123
Gráfico 8 – Comparação entre RUP para o serviço de formas.....	125
Gráfico 9 – Produtividade para o serviço de armação.....	126
Gráfico 10 – Comparação entre RUP para o serviço de armação	127
Gráfico 11 – Produtividade para o serviço de concretagem dos pilares.....	129
Gráfico 12 – Produtividade para o serviço de concretagem das vigas e lajes	130
Gráfico 13 – Produtividade para o serviço de concretagem (etapa 1 e 2).....	131
Gráfico 14 – Comparação entre RUP para o serviço de concretagem	132
Gráfico 15 – Produtividade global da estrutura.....	134
Gráfico 16 – Comparação entre RUP para o ciclo completo	135
Gráfico 17 – Produtividade Obra x SINAPI para o serviço de formas	136
Gráfico 18 – Produtividade Obra x SINAPI para o serviço de armação.....	137
Gráfico 19 – Produtividade Obra x SINAPI para o serviço de concretagem dos pilares.....	138
Gráfico 20 – Produtividade Obra x SINAPI para o serviço de concretagem das vigas e lajes	139
Gráfico 21 – Produtividade Obra x SINAPI para o serviço de concretagem (etapa 1 e 2)	139
Gráfico 22 – Modelo linear para o serviço das formas.....	140
Gráfico 23 – Modelo linear para o serviço de armação.....	141
Gráfico 24 – Modelo linear para o serviço de concretagem dos pilares.....	142
Gráfico 25 – Modelo linear para o serviço de concretagem das vigas e lajes.....	142
Gráfico 26 – Modelo linear para o serviço de execução da estrutura.....	143

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características das barras.....	29
Tabela 2 – Características dos fios	29
Tabela 3 – Sequência de atividades - formas	58
Tabela 4 – Sequência de atividades - armação	60
Tabela 5 – Quantitativo das formas	104
Tabela 6 – Quantitativo de aço para as lajes	105
Tabela 7 – Quantitativo de aço para as vigas	106
Tabela 8 – Quantitativo de aço para os pilares.....	107
Tabela 9 – Quantitativo total de aço	107
Tabela 10 – Quantitativos de concreto	109
Tabela 11 – Volumes reais utilizados no serviço de concretagem	110
Tabela 12 – Tempo ocioso no serviço de concretagem.....	115
Tabela 13 – Composições SINAPI para serviços de forma e desforma.....	117
Tabela 14 – Produtividade para o serviço de formas a partir dos dados do SINAPI	118
Tabela 15 – Composições SINAPI para serviços de armação.....	119
Tabela 16 – Produtividade para o serviço de armação a partir dos dados do SINAPI.....	119
Tabela 17 – Composições SINAPI para serviços de concretagem.....	121
Tabela 18 – Produtividade para o serviço de concretagem a partir dos dados do SINAPI....	121
Tabela 19 – Produtividade para o serviço de formas.....	122
Tabela 20 – Diferentes avaliações da RUP para o serviço das formas.....	124
Tabela 21 – Produtividade para o serviço de armação	125
Tabela 22 – Diferentes avaliações da RUP para o serviço de armação.....	127
Tabela 23 – Produtividade para a concretagem dos pilares	128
Tabela 24 – Produtividade para a concretagem de vigas e lajes	129
Tabela 25 – Produtividade para o serviço de concretagem	130
Tabela 26 – Diferentes avaliações da RUP para o serviço de concretagem.....	132
Tabela 27 – Produtividade global para a estrutura	133
Tabela 28 – Diferentes avaliações da RUP para o ciclo completo.....	135
Tabela 29 – Produtividade Obra x SINAPI para o serviço de formas.....	136
Tabela 30 – Produtividade Obra x SINAPI para o serviço de armação	137
Tabela 31 – Produtividade Obra x SINAPI para o serviço de concretagem	138
Tabela 32 – Resumo das curvas de aprendizagem para cada etapa da execução da estrutura	144

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	DIRETRIZES DE PESQUISA.....	16
2.1	OBJETIVOS DE PESQUISA.....	16
2.1.1	Objetivo principal.....	16
2.1.2	Objetivo secundário.....	16
2.2	DELIMITAÇÕES.....	17
2.3	LIMITAÇÕES.....	17
2.4	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	17
3	ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.....	19
3.1	FORMAS.....	21
3.2	ARMADURA.....	28
3.3	CONCRETO.....	32
4	PRODUTIVIDADE.....	37
4.1	PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA.....	38
4.2	EFEITO APRENDIZAGEM.....	43
4.2.1	Modelo linear.....	44
4.2.2	Coeficiente de determinação da curva (R^2).....	45
4.3	DADOS EXISTENTES NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	45
5	ESTUDO DE CASO EM EMPRESA DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....	50
5.1	INFORMAÇÕES SOBRE O PRODUTO.....	50
5.2	INFORMAÇÕES SOBRE CONTRATAÇÕES, PRAZOS, LOGÍSTICA E MATERIAIS.....	53
5.3	CICLO DE EXECUÇÃO.....	57
5.3.1	Produção das formas.....	61
5.3.2	Transferência de eixos e marcação dos ganchos.....	68
5.3.3	Montagem dos pilares.....	72

5.3.4	Montagem das vigas	75
5.3.5	Montagem das lajes	80
5.3.6	Concretagens	89
5.3.7	Desforma	99
5.4	QUANTIDADE DE SERVIÇO.....	103
5.4.1	Forma.....	103
5.4.2	Armação.....	105
5.4.3	Concretagem.....	108
5.5	EQUIPE DISPONÍVEL E HOMENS-HORA.....	111
6	RESULTADOS E ANÁLISES	116
6.1	COMPOSIÇÕES DO SINAPI.....	116
6.1.1	Formas	116
6.1.2	Armação.....	118
6.1.3	Concretagem.....	120
6.2	RESULTADOS DO ESTUDO NO EMPREENDIMENTO	121
6.2.1	Formas	122
6.2.2	Armação.....	125
6.2.3	Concretagem.....	128
6.2.4	Ciclo completo.....	132
6.3	COMPARAÇÃO COM DADOS DO SINAPI.....	136
6.4	ANÁLISE DO EFEITO APRENDIZAGEM	140
6.5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	144
7	CONCLUSÃO.....	147
8	REFERÊNCIAS	149
	APÊNDICE A – Tabelas dos dados coletados para o serviço de execução das formas.....	152
	APÊNDICE B – Tabelas dos dados coletados para o serviço de execução das armaduras ...	160
	APÊNDICE C – Tabelas dos dados coletados para o serviço de concretagem.....	170

APÊNDICE D – Resultados das composições do SINAPI para os serviços de armação	173
ANEXO A – Projeto estrutural do pavimento tipo.....	179
ANEXO B – Projeto de locação e verificação dos pilares e galgalhos.....	180
ANEXO C – Tabelas das composições dos Cadernos Técnicos do SINAPI	181

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o termo produtividade tem se tornado usual nos mais variados setores produtivos. Na construção civil não é diferente. A busca de melhorias na qualidade, sem perder a eficiência do processo – e, por vezes, melhorá-la – é o desafio de muitas empresas, visto a retomada do crescimento do setor e seu importante papel no desenvolvimento do país. A produtividade, aliada à qualidade na execução, são fundamentais para a sobrevivência das construtoras no cenário atual do segmento da construção civil.

Em vista disso, quantificar e determinar os valores de produtividade, detectando fatores que possam ter alterado estes valores, é um instrumento fundamental para orientar melhorias no processo de produção, a fim de garantir a lucratividade das empresas do setor da construção civil e consolidação no mercado atual.

Nesse sentido, estudar e analisar os serviços de maior impacto em termos de um cronograma físico-financeiro de uma obra, surge com grande potencial. Logo, fala-se de serviços que fazem parte do caminho crítico de uma obra e com um custo considerável. Um destes serviços é a execução de estrutura em concreto armado. É usual que neste serviço existam pavimentos repetitivos, conhecidos também como pavimentos tipo, nos quais é comum ocorrer um fenômeno característico, denominado pela literatura como efeito aprendizagem.

Portanto, atuar e despender esforços na análise e melhoria dos índices de produtividade de mão de obra em estruturas em concreto armado é importante e extremamente relevante para se tornar uma empresa competitiva, almejando posições de destaque no mercado da construção civil.

2 DIRETRIZES DE PESQUISA

As diretrizes para o desenvolvimento deste trabalho serão descritas a seguir.

2.1 OBJETIVOS DE PESQUISA

Os objetivos deste trabalho são divididos em principal e secundário.

2.1.1 Objetivo principal

Analisar e avaliar a produtividade de mão de obra nos serviços de formas, armação e concretagem em uma obra com estrutura de concreto armado, de caráter repetitivo (pavimentos tipo), na cidade de Porto Alegre – RS.

2.1.2 Objetivo secundário

Visando atingir o objetivo principal, estabeleceu-se alguns objetivos secundários:

- a) Entender os processos para a execução de uma estrutura de concreto armado;
- b) Quantificar os valores de produtividade de mão de obra na execução de uma estrutura de concreto armado;
- c) Verificar se o comportamento quanto à produtividade pode ser modelado por curvas clássicas, apresentadas na literatura sobre este assunto na construção civil;
- d) Comparar os índices de produtividade da edificação com uma base de dados muito utilizada na construção civil: o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI);
- e) Analisar se há ganho produtivo conforme ocorrem repetições dos processos devido ao efeito da aprendizagem nos serviços de forma, armação e concretagem;
- f) Analisar fatores que possam ter afetado a produtividade;
- g) Propor sugestões para alcançar melhores índices de produtividade, caso seja necessário.

2.2 DELIMITAÇÕES

O estudo de caso considera somente a produtividade do pavimento tipo, sendo excluídos dados do subsolo, térreo e demais pavimentos que não sejam repetitivos. Além disso, análise compreende o ciclo completo de execução de um pavimento, desde montagem de formas em madeira no pavimento, montagem das barras de aço em central de armação, colocação das armaduras na posição e concretagem dos elementos estruturais, desforma e carregamento dos materiais utilizados.

Ademais, o estudo de caso baseia-se nos resultados de dados levantados em uma edificação em construção na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

2.3 LIMITAÇÕES

Durante o período de análise de dados ocorreu a pandemia do Covid-19, afetando diretamente o trabalho da construção civil, no primeiro momento em relação a cuidados pessoais no canteiro de obras e em seguida à dificuldade de programação e entrega de materiais, principalmente aço e concreto.

Para cumprir o ciclo executivo de um pavimento, o ideal é que todos os materiais necessários para as tarefas estejam disponíveis no canteiro anteriormente ao início do serviço. Entretanto, durante os ciclos executivos da obra objeto deste estudo, nem sempre foi assim. Devido à dificuldade na qual se encontrou o mercado do aço e do cimento durante o período de estudo, ocorreram imprevistos e atrasos nas entregas de materiais. Apesar disso, o planejamento inicial da construtora foi cumprido, através de esforços gerenciais junto das empresas fornecedoras do aço e do concreto.

2.4 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Inicialmente, é apresentado um referencial teórico sobre o tema deste trabalho, desde conceituação dos componentes de uma estrutura em concreto armado, até conceitos de produtividade de mão de obra e análise de aprendizagem nos serviços da construção civil. O referencial serviu como base para a elaboração das planilhas de levantamento de dados.

Em seguida, é apresentado o produto a ser entregue e, de forma técnica, o processo adotado na execução dos serviços, com a quantificação de todos os componentes da estrutura em concreto armado e da mão de obra a ser empregada em cada um deles. Posteriormente, são analisadas as composições do SINAPI que se enquadram neste estudo. Por fim, são apresentados os resultados para cada etapa da execução bem como a análise dos dados coletados, obtendo-se valores de produtividade e gerando-se, a partir deles, as curvas de aprendizagem.

3 ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

De acordo com Zorzi (2002), a execução da estrutura é um “caminho crítico” no cronograma de atividades da obra, sendo determinante para o início dos serviços subsequentes. Além disso, esta etapa consome aproximadamente 50% do prazo total de execução de uma obra (ASSAHI, 2005). Quando se refere ao custo de obra, Assahi (2005) afirma ainda que a execução da estrutura de um empreendimento representa em torno de 20% do custo total, porcentagem significativa. Pelo apresentado, justifica-se, portanto, a importância do seu estudo.

Nesta perspectiva, estruturas em concreto armado, também chamadas de estruturas convencionais ou tradicionais, é o método construtivo mais utilizado nas construções de edifícios no Brasil (BARROS; MELHADO, 2006). Fajersztajn (1987) afirma que devido à facilidade de execução, o concreto armado pode ser aplicado tanto em estruturas simples como complexas, de baixo ou alto padrão. É um sistema construtivo em que pilares, vigas e lajes são montados, armados e concretados no local (BARROS; MELHADO, 2006).

Segundo Bastos (2019), o concreto armado alia as qualidades do concreto (baixo custo, durabilidade, boa resistência à compressão, ao fogo e à água) com as do aço (ductilidade e excelente resistência à tração e à compressão). Tal fato permite a execução de variados elementos, com facilidade e rapidez. A união das propriedades do aço e do concreto, a partir de suas características próprias, traz as vantagens apresentadas na Figura 1.

Figura 1 – Vantagens do concreto, do aço e do concreto armado

Concreto	Aço	Concreto Armado
Boa resistência à compressão	Excelente resistência à tração	Versatilidade
Meio Alcalino	Necessita Proteção	Durabilidade
Rigidez	Esbeltez	Economia

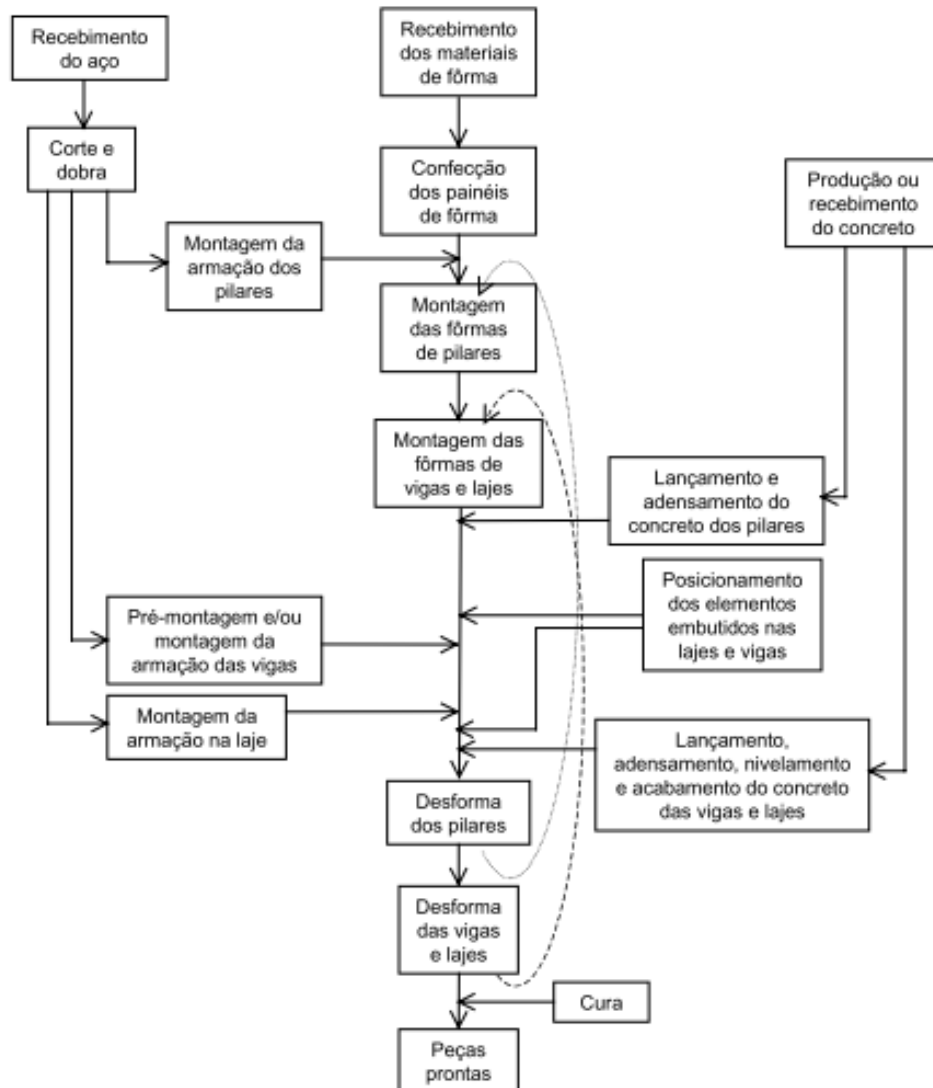
(Fonte: BARROS; MELHADO, 2006)

Entretanto, para a execução de estruturas em concreto armado, concreto e aço não bastam, é necessário também um molde que estabeleça a forma e as dimensões da estrutura (FREIRE, 2001). Nesse sentido, a estrutura de concreto armado pode ser explicada a partir de três partes,

que se sucedem e interagem entre si: formas, armadura e concreto, conforme será apresentado nas seções seguintes. Apesar de, neste trabalho, não estar apresentado como uma etapa do ciclo, é importante citar também que, durante a execução da estrutura são posicionados os embutidos, elementos que, inseridos nas formas, normalmente previamente à concretagem, permitem a integração da supraestrutura com outros subsistemas, principalmente hidrossanitário e elétrico (FREIRE, 2001).

Nesta perspectiva, são várias etapas para resultar no produto final da estrutura em concreto armado, que são os pilares, vigas e lajes da estrutura. A fim de facilitar o entendimento, o processo está esquematizado na Figura 2.

Figura 2 – Etapas da execução da estrutura em concreto armado



(Fonte: FREIRE, 2001)

Devido a sua importância, é obrigatório que toda estrutura de concreto armado tenha um projeto específico. É comum que, quando da elaboração deste projeto, seja alcançada uma menor dimensão das peças estruturais com o menor consumo de aço, partindo do pressuposto que seria a opção mais econômica. Contudo, nem sempre será. Deve ser considerado nesta etapa o impacto do molde da forma e do cimbramento, apesar de serem temporários (ZORZI, 2002). Sendo assim, uma estrutura com custo razoável nasce na etapa de projeto. Por isso, é importante que os projetistas tenham conhecimento também sobre execução do serviço de formas, armação e concretagem. Projetos focados na construtibilidade e exequibilidade tem potencial de proporcionar estruturas mais econômicas e influenciar positivamente na produtividade de mão de obra (ARAÚJO, 2005).

3.1 FORMAS

A NBR 15696 (ABNT, 2009) define formas como “estruturas provisórias que servem para moldar o concreto fresco, resistindo a todas as ações provenientes das cargas variáveis resultantes das pressões do lançamento do concreto fresco, até que o concreto se torne autoportante”. Sistema de formas, por sua vez, segundo Fajersztajn (1987) é o conjunto das formas utilizadas para moldar a estrutura de concreto armado da edificação.

Para Freire e Souza (2001) o sistema de formas consiste em um conjunto de componentes, combinados em harmonia, com o objetivo de atender as seguintes funções:

- moldar o concreto;
- conter o concreto fresco e sustentá-lo até que tenha resistência suficiente para se sustentar por si só;
- proporcionar à superfície do concreto a textura requerida;
- servir de suporte para o posicionamento da armação, permitindo a colocação de espaçadores para garantir os cobrimentos;
- servir de suporte para o posicionamento de elementos das instalações e outros itens embutidos;
- servir de estrutura provisória para as atividades de armação e concretagem, devendo resistir às cargas provenientes do seu peso próprio, além das de serviço, tais como pessoas, equipamentos e materiais;

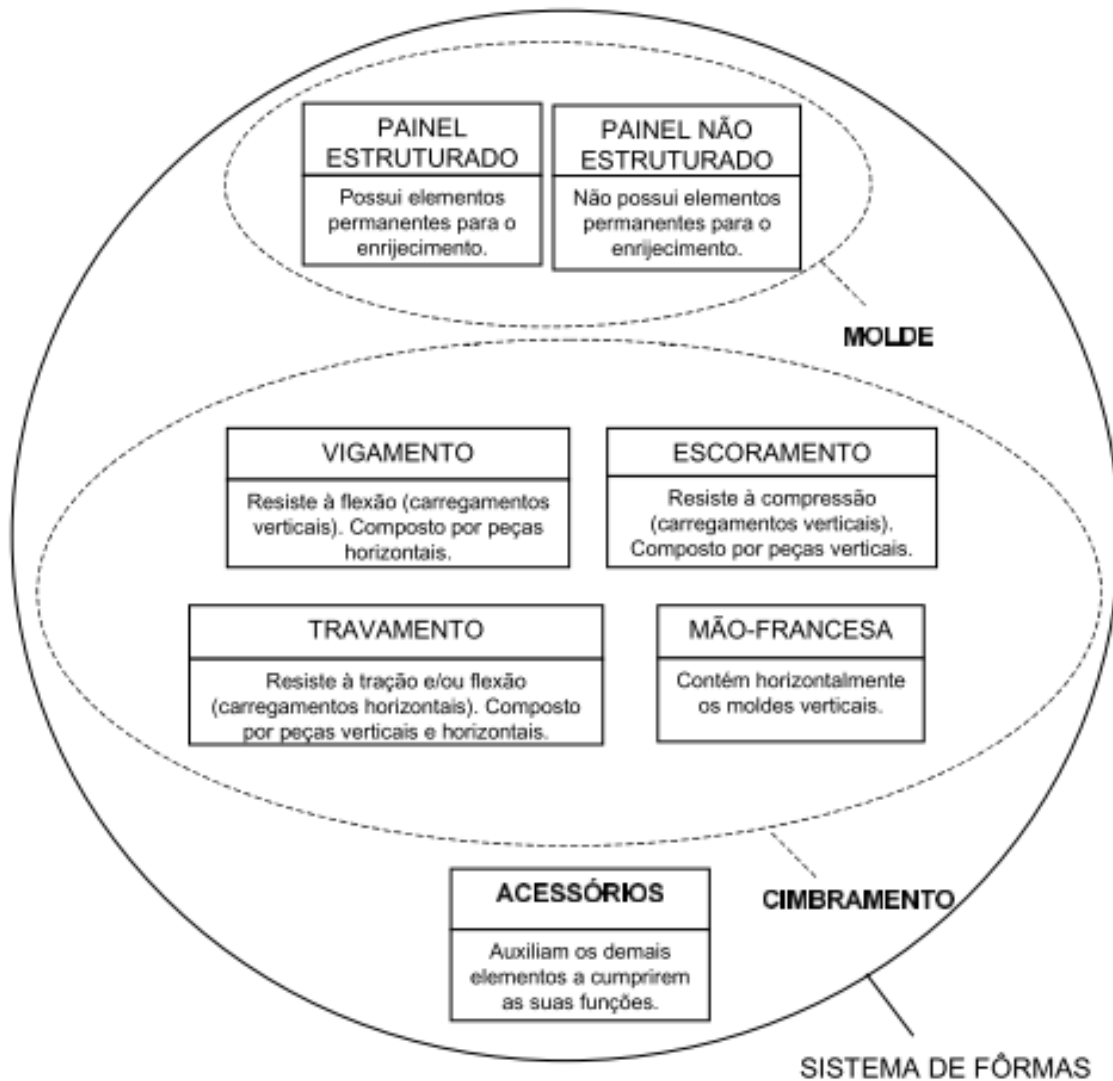
- proteger o concreto novo contra choques mecânicos;
- limitar a perda de água do concreto, facilitando a cura.

De acordo com o Manual Básico de Indicadores de Produtividade na Construção Civil (SOUZA *et al*, 2017), o sistema de formas abrange o molde, o cimbramento e os componentes complementares. Freire e Souza (2001) definem estes componentes, que são apresentados a seguir.

- Molde: é a parte do sistema que dá a forma à peça, entrando em contato com a superfície do concreto. Normalmente é composto por painéis, que podem ser estruturados ou não. Os painéis estruturados são os que possuem peças complementares para o enrijecimento fixadas permanentemente; já os não estruturados, não possuem nenhum elemento fixado permanentemente.
- Cimbramento: é o conjunto de elementos que absorve ou transfere para um local seguro as cargas que atuam nas formas. Pode ser dividido em quatro grupos apresentados abaixo.
 - Escoramento: peças verticais sujeitas aos esforços de compressão.
 - Vigamento: peças horizontais sujeitas a esforços de flexão originados por carregamentos verticais.
 - Travamento: peças verticais ou horizontais sujeitas a esforços de tração e/ou flexão originados por carregamentos horizontais.
 - Mãos-francesas: peças inclinadas para contenção horizontal.
- Acessórios: é o conjunto de peças que auxiliam o desempenho das outras.

O esquema desta classificação é apresentado na Figura 3.

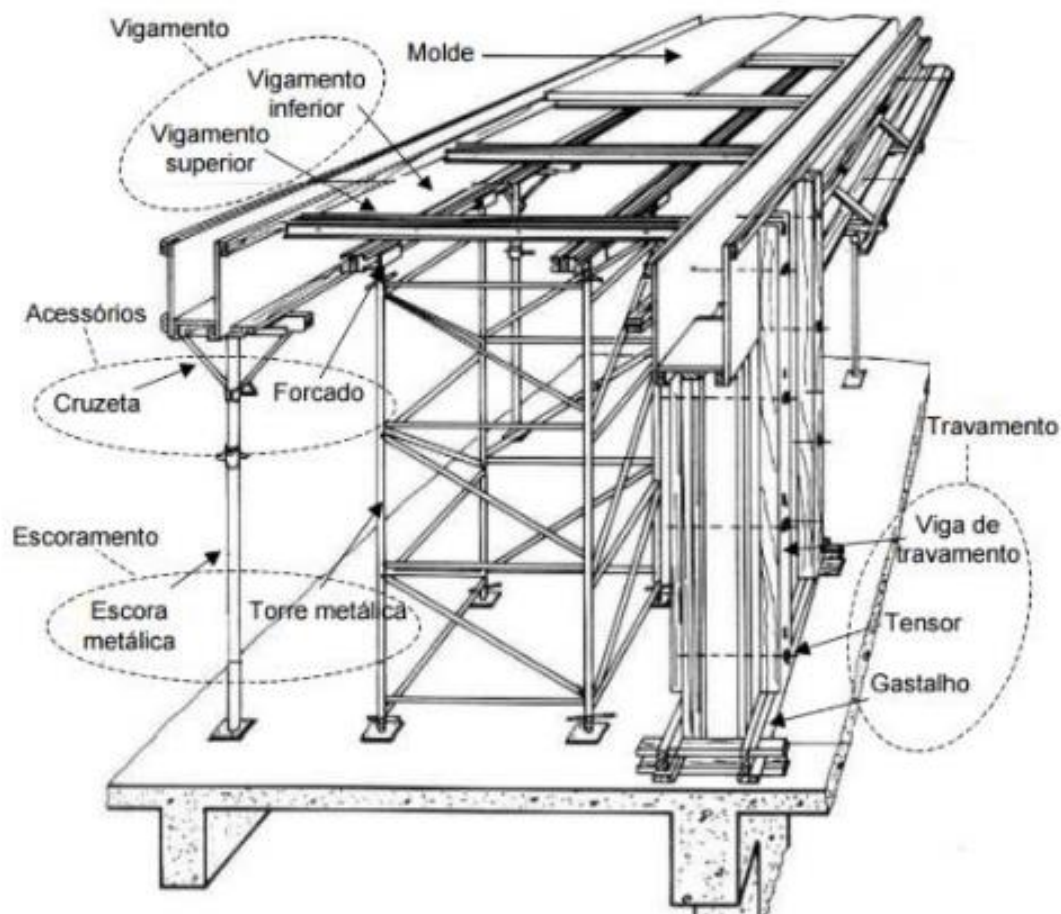
Figura 3 – Elementos constituintes do sistema de formas e suas respectivas funções



(Fonte: FREIRE; SOUZA, 2001)

Na Figura 4 está apresentado um exemplo dos componentes do sistema de formas.

Figura 4 – Componentes do sistema de formas



(Fonte: CRISTIANI, 1995 apud FREIRE, 2001)

Definir o sistema de formas a ser utilizado no empreendimento depende de alguns fatores ligados à estratégia construtiva, como o tipo de estrutura, o número de repetições previstas de uso, a velocidade de execução e disponibilidade de equipamentos (ZORZI, 2002). Fajersztajn (1987) classifica os sistemas de formas expostos a seguir.

- Sistema de formas de madeira.
- Sistema de formas metálicas.
- Sistema de formas mistas.
- Sistema de formas híbridos.

Para este trabalho, será abordado o sistema de formas mistas, objeto do estudo de caso. Formas mistas (Figura 5) são sistemas que tem como molde elementos em chapa de madeira compensada e demais itens, na sua maioria, com componentes metálicos (FAJERSZTAJN, 1987).

Figura 5 – Sistema de formas mistas



(Fonte: Autor)

Além disso, o sistema de formas também pode ser classificado em função do grupo de elementos estruturais a serem moldados e em função da modulação dos seus painéis. Para o primeiro caso, Freire e Souza (2001) classificam conforme apresentado a seguir.

- Sistema para elementos verticais.
- Sistema para elementos horizontais.

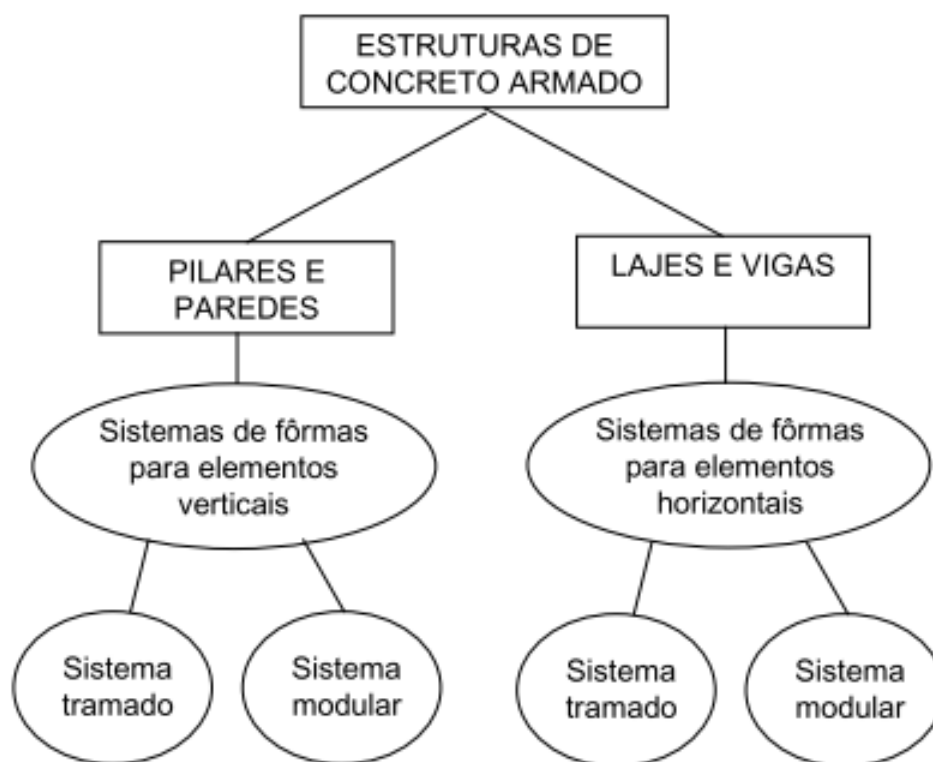
Nos elementos verticais estão incluídas formas de pilares e paredes estruturais. Nos elementos horizontais, por sua vez, as vigas e lajes. Ademais, para o segundo caso abordado pelos autores, é feita a divisão apontada abaixo.

- Sistema de formas modulares.
- Sistema de formas tramadas.

O primeiro sistema é composto por uma estruturação de aço, alumínio ou plástico e o molde em chapa de compensado, plástico ou aço. É um sistema pré-fabricado ainda pouco utilizado

no Brasil, altamente industrializados e que não requer um cimbramento tão intenso. Além disso, segundo os autores, é um sistema de execução rápida e bastante durável. O segundo sistema, como sugere o próprio nome, possui um travamento em forma de trama, ou seja, por meio de peças longitudinais e transversais que se cruzam, com um cimbramento relativamente maior ao se comparar com o primeiro sistema. As peças podem ser em madeira ou metal. É o sistema mais utilizado no Brasil (inclusive na obra objeto de estudo deste trabalho), sendo bastante versátil. Entretanto, o sistema de formas tramadas requer um uso intensivo da mão de obra ao se comprar com as formas modulares. Os dois critérios de classificações apresentados estão exemplificados na Figura 6.

Figura 6 – Classificação dos sistemas de formas



(Fonte: FREIRE; SOUZA, 2001)

Em síntese, os sistemas adotados na obra objeto deste estudo são classificados quanto ao material utilizado como sistema de forma mista, quanto ao grupo de elementos estruturais como uma composição de sistemas verticais e horizontais e quanto à modulação de seus painéis como sistema tramado.

Já o serviço de formas pode ser explicado a partir de duas etapas: montagem e desmontagem. Alguns autores, como Zorzi (2002), Barros e Melhado (2006) e Freire (2001) descrevem todo o processo de montagem das formas, desde a transferência dos eixos e marcação dos gualhos, até a montagem dos pilares, vigas e lajes, com avaliações de nivelamento, alinhamento e travamento do sistema de formas e posterior desforma. Tais etapas serão desenvolvidas na seção 5.3 deste trabalho.

Tão importante quanto o processo de montagem das formas, é o processo de desmontagem, ou seja, a desforma. Conforme afirma Zorzi (2002), deve ser um serviço cuidadoso para que não ocorram danos à estrutura de concreto e também para que não seja danificada nenhuma peça componente do sistema de formas. Zorzi (2002) declara ainda que “o ciclo de montagem e desforma é tal que uma atividade tem normalmente total dependência do término e da qualidade da atividade que a precede”. Em vista disso, devem ser feitas verificações e liberações à medida que avancem as etapas de execução.

No que tange à melhoria dos processos e recursos, otimizar a execução da forma significa otimizar a execução do empreendimento pois, em relação ao tempo de execução, a forma é responsável por 60% da execução da estrutura. Paralelamente, o sistema de formas representa entre 25% a 40% do custo total da estrutura, equivalente de 5% a 8% do custo total do empreendimento (ASSAHI, 2005).

Além disso, é muito difícil recuperar um atraso imposto pela execução das formas, visto que, conforme afirma Zorzi (2002), “os serviços que compõem o sistema são muito pouco maleáveis no cronograma de obra, onde a execução de um pavimento (n) está vinculada à do pavimento anterior (n-1) e é o seu ritmo de execução quem estabelece o ritmo das demais atividades”.

Quanto à qualidade do produto final da estrutura em concreto armado, a forma é a única responsável pela geometria dos elementos estruturais (ASSAHI, 2005). Além disso, é responsável também pelo prumo, nível e alinhamento da estrutura, sendo o gabarito para os demais serviços (FREIRE, 2001). Por mais que seja uma estrutura temporária, devido a sua extrema importância, Zorzi (2002) reforça que a forma deve ter projeto específico, da mesma forma que os elementos permanentes da estrutura em concreto armado. A NBR 15696 (ABNT, 2009) estabelece diretrizes sobre projeto, dimensionamento e procedimentos executivos referentes às formas e ao escoramento para estruturas de concreto.

De acordo com Assahi (2005), o projeto completo de produção de formas deve contemplar, no mínimo, os itens abaixo.

- Desenhos de montagem, o que inclui planta de locação dos eixos e ganchos (locação dos pilares), planta de cimbramento, travamentos, guias e barrotes e escoras remanescentes e a planta de paginação da laje.
- Desenhos de confecção da forma.
- Especificação técnica dos materiais e básicas operacionais.

Além dos itens apontados por Assahi (2005), a NBR 15696 (ABNT, 2009) estabelece os requisitos a seguir.

- Definição clara e exata do posicionamento de todos os elementos.
- Mencionar os critérios adotados para o dimensionamento das formas
- Especificar as cargas admissíveis dos equipamentos de escoramento utilizados
- Detalhar os projetos com plantas, cortes, vistas e demais detalhes, para que não fiquem dúvidas para execução e montagem dos elementos.

Nessa perspectiva, devido à importância da etapa da execução das formas no contexto da execução da estrutura em concreto armado – seja pelo custo, prazo ou qualidade – é fundamental que exista um projeto de apoio para a realização deste serviço. Na ausência de um projeto, as chances de ocorrerem falhas de desempenho da edificação ou até mesmo o colapso da estrutura são maiores.

3.2 ARMADURA

A NBR 7480 (ABNT, 2007) estabelece os requisitos exigidos para encomenda, fabricação e fornecimento de barras e fio de aço destinados a armaduras para estruturas de concreto armado. Conforme classificação da referida norma, barras são produtos de diâmetro nominal de 6.3mm ou superior, obtido por laminação a quente. Fios, por sua vez, são aqueles com diâmetro nominal 10mm ou inferior, obtidos a partir de fio-máquina por trefilação ou laminação a frio. Fios sempre são classificados quanto à sua resistência de escoamento na categoria CA-60. As barras podem ser CA-25 ou CA-50. A Tabela 1 e a Tabela 2 apresentam as características das barras e dos fios, respectivamente.

Tabela 1 – Características das barras

Diâmetro nominal ^a mm	Massa e tolerância por unidade de comprimento		Valores nominais	
	Massa nominal ^b kg/m	Máxima variação permitida para massa nominal	Área da seção mm ²	Perímetro mm
6,3	0,245	± 7%	31,2	19,8
8,0	0,395	± 7%	50,3	25,1
10,0	0,617	± 6%	78,5	31,4
12,5	0,963	± 6%	122,7	39,3
16,0	1,578	± 5%	201,1	50,3
20,0	2,466	± 5%	314,2	62,8
22,0	2,984	± 4%	380,1	69,1
25,0	3,853	± 4%	490,9	78,5
32,0	6,313	± 4%	804,2	100,5
40,0	9,865	± 4%	1256,6	125,7

^a Outros diâmetros nominais podem ser fornecidos a pedido do comprador, mantendo-se as faixas de tolerância do diâmetro mais próximo.

^b A densidade linear de massa (em quilogramas por metro) é obtida pelo produto da área da seção nominal em metros quadrados por 7 850 kg/m³.

(Fonte: ABNT, 2007)

Tabela 2 – Características dos fios

Diâmetro nominal ^a mm	Massa e tolerância por unidade de comprimento		Valores nominais	
	Massa nominal ^b kg/m	Máxima variação permitida para massa nominal	Área da seção mm ²	Perímetro mm
2,4	0,036	± 6%	4,5	7,5
3,4	0,071	± 6%	9,1	10,7
3,8	0,089	± 6%	11,3	11,9
4,2	0,109	± 6%	13,9	13,2
4,6	0,130	± 6%	16,6	14,5
5,0	0,154	± 6%	19,6	15,7
5,5	0,187	± 6%	23,8	17,3
6,0	0,222	± 6%	28,3	18,8
6,4	0,253	± 6%	32,2	20,1
7,0	0,302	± 6%	38,5	22,0
8,0	0,395	± 6%	50,3	25,1
9,5	0,558	± 6%	70,9	29,8
10,0	0,617	± 6%	78,5	31,4

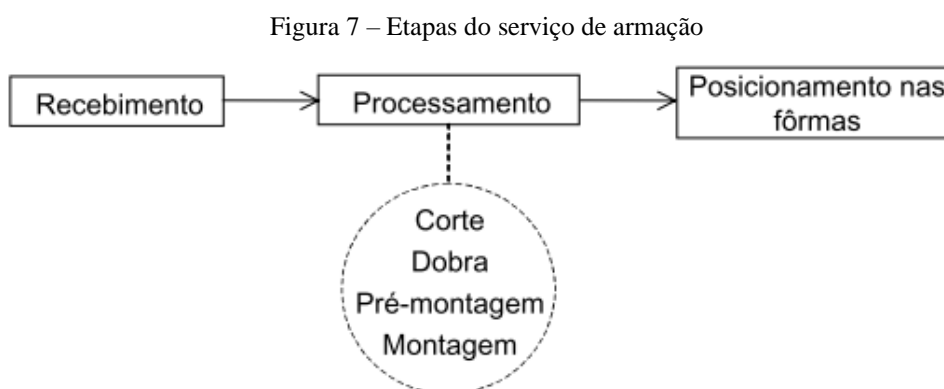
^a Outros diâmetros nominais podem ser fornecidos a pedido do comprador, mantendo-se as faixas de tolerância do diâmetro mais próximo.

^b A densidade linear de massa (em quilogramas por metro) é obtida pelo produto da área da seção nominal em metros quadrados por 7 850 kg/m³.

(Fonte: ABNT, 2007)

De acordo com Araújo (2005), as barras são ligadas entre si para formarem “gaiolas” ou “esqueletos” rígidos, o que se conhece como armadura. A armadura tem como função principal absorver as tensões de tração e cisalhamento, aumentando a capacidade resistente das peças ou componentes comprimidos (BARROS; MELHADO, 2006). De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014) a armadura, além de atender às funções estruturais, deve garantir condições adequadas de execução, principalmente com relação ao lançamento e adensamento do concreto. Armação, por sua vez, conforme afirma Freire (2001) “é o conjunto de atividades relativas à preparação e posicionamento do aço dentro da estrutura”. A armadura é o produto resultante do serviço da armação.

Nesse aspecto, o serviço de armação pode ser explicado a partir de três etapas: recebimento, processamento e posicionamento nas formas (Figura 7).



(Fonte: FREIRE, 2001)

A etapa do recebimento do aço refere-se aos cuidados e conferências que devem ser realizados pela equipe da obra quando da entrega do produto no canteiro. Deve ser feita a conferência do material conforme nota fiscal e pedido e também a integridade do mesmo (ARAÚJO, 2005).

Quanto à etapa do processamento do aço, nem sempre o corte e dobra ocorre no canteiro de obras. Conforme Freire (2001), o processo de armação é modificado em função do tipo de fornecimento do produto. O aço pode ser entregue na obra de duas formas: em barras retas ou já cortado e dobrado nas dimensões de projeto (GONÇALVES, 2009). Para o caso do fornecimento do aço cortado e dobrado, o processo é feito por uma empresa especializada. Os projetos e as especificações das armaduras devem ser enviados para que a empresa possa fabricar conforme projeto e posteriormente entregar as armaduras na obra (RIVEROS, 2016).

Quanto aos projetos, quanto maior for o número de detalhes, mais fácil é a execução pois facilita o entendimento e agiliza a operação de montagem, diminuindo as chances de interpretações equivocadas por parte dos armadores (ARAÚJO, 2005).

A pré-montagem e a montagem da armadura, por sua vez, podem ser feitas numa central específica para tal, no local de aplicação ou ainda uma combinação dessas condições: parte armada em central e parte no local. O processo consiste em unir as peças utilizando arame recozido e a ferramenta conhecida como torquês para amarrar dois ou mais elementos (FREIRE, 2001). Esta etapa varia em função do elemento estrutural que se deseja montar. Normalmente, a montagem das vigas costuma ser mais complexa (ARAÚJO, 2005).

Durante o planejamento da obra devem ser definidas as peças que serão armadas em central ou no local de aplicação. Nesse caso, devem ser avaliados fatores como a dimensão final e o peso das peças e o sistema disponível para transporte (BARROS; MELHADO, 2006). Usualmente, armaduras das lajes são executadas “in loco” e vigas e pilares armadas na central (FREIRE, 2001). Ainda sobre a montagem, é nesta etapa que são colocados os espaçadores, peças fundamentais para garantir o cobrimento da armadura e evitar a corrosão proveniente das ações do meio ambiente (RIVEROS, 2016).

Posteriormente, ocorre o posicionamento das armaduras nas formas, que é a colocação das armaduras na posição indicada em projeto, conforme sequenciamento das etapas de serviço do ciclo da estrutura (primeiramente pilares, em seguida as vigas e por último as lajes). De acordo com Araújo (2005), mais que o contato direto da armadura com a forma, é nesta etapa que ocorre a interação entre os dois serviços – formas e armação – e a partir deste momento, até a concretagem, seguirão juntos.

É importante que, assim como ocorre na execução das formas, exista o controle sobre o processo de armação a fim de garantir que os serviços sejam executados conforme indicado nos projetos e seguindo as orientações dos procedimentos da empresa construtora.

Por fim, sabe-se que a tecnologia que envolve serviço de armação ainda é bastante rudimentar e artesanal. As tecnologias e evoluções que se apresentaram ao longo do tempo foram nas empresas que fornecem o aço para as obras, como corte e dobra do aço, diferentemente do canteiro de obras, onde pouco ocorreram (ARAÚJO, 2005). É uma tarefa fortemente dependente da mão de obra e por isso é importante também a análise sob essa perspectiva.

3.3 CONCRETO

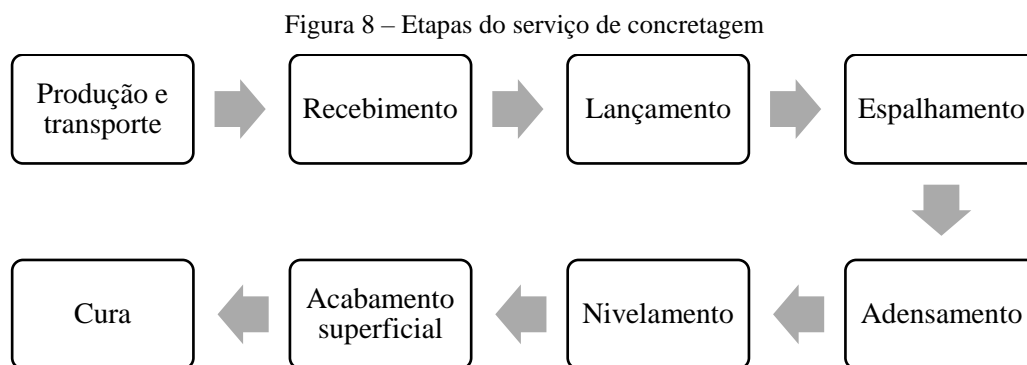
Segundo Bastos (2019), o concreto é um material composto, constituído por cimento, água, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (pedra ou brita), podendo conter aditivos químicos quando da intenção de modificar suas propriedades. Etapa final do ciclo de execução de uma estrutura em concreto armado, o serviço de concretagem pode ser definido como o grupo de atividades responsáveis pelo lançamento, adensamento e acabamento do concreto na estrutura (SOUZA *et al*, 2017). Segundo Freire (2001), este serviço inclui ainda atividades de produção e transporte do concreto.

Por ser um serviço que envolve várias atividades e mão de obra considerável, é preciso um gestão eficiente dos recursos, tanto físicos como financeiros (DANTAS, 2006). Embora seja a etapa de menor duração dentro do ciclo da estrutura, necessita de um planejamento adequado, pois o melhor ou pior aproveitamento dos recursos evita ou induz os desperdícios e as perdas de concreto (FREIRE, 2001).

Como condições de início para a concretagem de estruturas em concreto armados, Freire (2001) aponta os itens a seguir:

- forma concluída e conferida;
- armação concluída e conferida;
- embutidos e passagens concluídos e conferidos;
- concretagem programada junto à concreteira e ao laboratório de controle tecnológico;
- vias de acesso livres e desimpedidas;
- garantir abastecimento de água e energia no canteiro;
- equipamentos e ferramentas disponíveis no local;
- vibradores e mangotes devem ter sido testados e aprovados;
- nivelamento, prumo e alinhamento conferidos;
- as formas devem estar limpas e com desmoldante aplicado (se for o caso).

Em suma, as etapas do serviço de concretagem podem ser resumidas na Figura 8.



(Fonte: Autor)

De acordo com Freire (2001), o concreto pode ser produzido em dois locais: na usina ou no canteiro de obras. Neste trabalho, será abordado o concreto usinado, objeto deste estudo de caso. Na usina, uma das opções de produção do concreto é dosar os materiais em balanças, transportá-los até o caminhão betoneira por esteiras e então misturá-los no próprio caminhão, havendo, portanto, uma maior precisão na dosagem e mais uniformidade do produto ao se comparar com o concreto produzido em obra. Ademais, é possível que seja feito o repasse da responsabilidade da qualidade do concreto para a empresa terceirizada (FREIRE, 2001). O transporte até a obra é feito também pelo caminhão betoneira.

No caso do concreto dosado em usina, o próximo passo do serviço de concretagem consiste no recebimento do produto. Conforme afirma Gonçalves (2009), nesta etapa deve ser feita, por profissional qualificado, a verificação dos seguintes itens:

- da nota fiscal, confirmando se o concreto recebido está de acordo com o que foi programado;
- do horário de saída do caminhão betoneira da usina e o tempo disponível para a descarga do concreto;
- da quantidade de água a ser adicionada na obra e se o manômetro está funcionando;
- do lacre do caminhão betoneira, garantindo que o concreto não foi descarregado desde sua saída de usina.

Gonçalves (2009) afirma ainda que no controle de recebimento do concreto o ensaio mais comum a ser realizado é o de abatimento de tronco de cone (popularmente conhecido como *slump*). Após aceito o concreto, são moldados corpos de prova para posterior ensaio para

controle de resistência à compressão (f_{ck}). A NBR 12655 (ABNT, 2015) estabelece os requisitos para as propriedades do concreto, sua composição, preparo e controle e também para a aceitação e recebimento deste material.

Segundo Freire (2001), para o lançamento do concreto, a movimentação do material pode ser de duas formas: com decomposição do movimento ou sem decomposição do movimento. No primeiro caso, são utilizados equipamentos como jericas e carrinho-de-mão para o transporte horizontal e equipamento específico para transporte vertical (usualmente elevador de carga). Normalmente, a utilização de jericas e carrinho-de-mão torna as concretagens mais lentas e com intensivo uso de mão de obra (DANTAS, 2006). Já para o segundo caso, Freire (2001) afirma que o concreto é movimentado através de bombeamento, facilitando a continuidade do fluxo e redução de mão de obra. A bomba utilizada pode ser estacionária ou acopladas a lanças. Quando da utilização da bomba estacionária, consegue-se um maior alcance de altura devido a maior pressão do sistema, porém tem como desvantagem a instalação de uma tubulação fixa no canteiro de obra. Importante salientar que o concreto deve ser transportado do local de recebimento até o local de lançamento o mais rápido possível, para que seja mantida a homogeneidade do material e que não haja segregação dos seus agregados (DANTAS, 2006).

Assim que transportado até o local de aplicação, seja por jericas ou por sistema de bombeamento, o concreto é lançado nas formas, preenchendo o molde do elemento estrutural por completo (FREIRE, 2001). Gonçalves (2009) aponta que nesta etapa devem ser tomados alguns cuidados:

- tempo de lançamento: não ultrapassar uma hora após o início da descarga;
- altura de queda livre: não ultrapassar dois metros;
- molhar a forma para evitar absorção da água de amassamento;
- observar a limpeza da armadura;
- não lançar o concreto após o início da pega;
- observar se todos os equipamentos necessários às etapas seguintes estão disponíveis;
- fazer o rastreamento do concreto lançado, mapeando as peças concretadas em função do volume.

Após o lançamento do concreto é necessário que seja feito o espalhamento do mesmo, devido à dificuldade que pode existir em lançá-lo uniformemente na forma. Nesta etapa, utilizam-se enxadas e pás com a finalidade de distribuir o concreto por toda a área de forma. Esta etapa serve principalmente para preencher locais em que é difícil acessar com a tubulação. Ou seja, nem sempre será necessária, pois, dependendo do caso, consegue-se acessar toda área de forma com os mangotes (FREIRE, 2001).

Em seguida, é realizado o adensamento do concreto, etapa que segundo Freire (2001) tem a função de retirar os vazios do concreto, diminuir sua porosidade e aumentar a sua resistência e vida útil da estrutura. Pode ser feito de várias maneiras: com vibrador de imersão – mais comum ou com régua vibratória. Segundo Sússekind (1984) apud Freire (2001) o adensamento deve preencher todos os pontos da forma e deve se ter atenção para que não haja segregação dos materiais, devendo ser evitada também a vibração da armadura para que não se formem vazios ao seu redor.

Concluído o lançamento, o espalhamento e posterior adensamento do concreto, é feito então o nivelamento superficial, processo no qual sarrafos são apoiados sobre mestras, estabelecendo a espessura da laje. É recomendado que seja feita a conferência da forma, novamente, pela parte de baixo, para garantir o nível (FREIRE, 2001). Atualmente, é comum a utilização de nível laser para execução das mestras e nivelamento do concreto (GONÇALVES, 2009). Para o caso de elementos verticais, que é o caso dos pilares, a etapa de nivelamento é substituída pela conferência do prumo, evitando que a forma se desloque (FREIRE, 2001). Souza e Melhado (1996) apontam, portanto, três etapas de controle para que o resultado do nivelamento seja satisfatório:

- controle de nivelamento da forma, por baixo e por cima da mesma;
- controle de nivelamento das referências de nível, anterior à concretagem;
- controle do nivelamento do concreto, durante a execução da laje.

Em seguida, inicia-se o processo de acabamento superficial, que visa dar à superfície do concreto a textura desejada (DANTAS, 2006). Freire (2001) apresenta o conceito de “laje zero”, acabamento caracterizado pelo controle dos níveis e planicidade mais rígido que o convencional e pela textura superficial melhor acabada.

Por fim, e não menos importante, a etapa da cura. Petrucci (1995) apud Dantas (2006) afirma que a cura é um “conjunto de medidas com a finalidade de evitar a evaporação prematura da água necessária à hidratação do cimento, que rege a pega e seu endurecimento”. Impedindo a evaporação precoce da água e controlando a temperatura do concreto colabora-se para o alcance de um resultado satisfatório da resistência do concreto, propiciando adequada evolução das suas propriedades (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Conforme Freire (2001), a cura pode ser feita de várias maneiras: represamento ou imersão, borrifamento de água, uso de revestimento saturados de água e aplicação de filme impermeável.

Zorzi (2002) afirma ainda que as formas são parte integrante do sistema de cura, especialmente para pilares e vigas. Por isso, conforme aponta a NBR 14931 (ABNT, 2004), o tempo de remoção das formas deve considerar os requisitos de cura da estrutura. Além disso, devem ser previstas escoras permanentes com a função de distribuir os esforços atuantes na laje recém concretada para a laje subjacente.

Semelhante aos serviços de formas e armação, no serviço de concretagem também deve haver processos de controle e verificação, antes, durante e depois do serviço, para garantir que seja executado conforme previsto (FREIRE, 2001).

4 PRODUTIVIDADE

No atual cenário de crescimento do segmento da construção civil, a produtividade se consolida como uma ferramenta importante de análise, pois ela representa um sistema muito útil para subsidiar tomadas de decisões (SOUZA, 2006). A gestão da produtividade não é fácil, especialmente na construção civil, pois a quantidade de incógnitas, recursos, ferramentas, trabalhadores e condições do canteiro de obras é imensa (MARTINS, 2013).

Em se tratando da gestão da produção das estruturas em concreto armado, importante etapa de um empreendimento, há um espaço a ser trabalhado e analisado a fim de proporcionar melhorias significativas no desempenho final, através de menores custos em razão de melhorias na produtividade (ARAÚJO, 2005).

Conforme apresentado anteriormente, a estrutura é caminho crítico para a execução de uma obra. Assim sendo, um aumento na produtividade da mão de obra e uma redução no desperdício de materiais nesta etapa da obra é estrategicamente importante, tanto para o custo total do empreendimento, como para a qualidade e prazos (FREIRE, 2001). Portanto, o estudo desse índice é crucial para obter informações confiáveis quanto à transformação dos recursos físicos nas obras da construção civil (ARAÚJO; SOUZA, 2001).

Ainda, a etapa de execução de estrutura possui, na maioria das vezes, um pavimento tipo, caracterizando o serviço como repetitivo. Oliveira (1997) afirma que é fenômeno conhecido o fato de a repetição de uma tarefa conduzir a um melhor desempenho da produtividade. Além do mais, nos serviços repetitivos ocorre um fenômeno chamado de efeito aprendizagem, representado por meio de curvas de aprendizagem, onde os valores de produtividade são avaliados como valores que podem sofrer alterações de acordo com o aprendizado das equipes que executam o serviço (LEITE, 2002). As curvas de aprendizagem geradas pelos dados podem servir de subsídio para planejamento de obras futuras, por exemplo.

Nesse sentido, Agnoletto (2010) apresenta três fatores importantes de se conhecer a produtividade de serviços repetitivos:

- poder estimar os custos de projetos futuros a partir dos indicadores obtidos;

- determinar estratégias de execução e ter parâmetros para obras futuras;
- estabelecer programas de melhorias e intervenção no processo construtivo.

Por fim, o termo produtividade compreende vários conceitos, podendo ser analisado sobre a perspectiva do trabalho (mão de obra), do capital físico, de um insumo específico, de um conjunto de insumos, de uma atividade específica da produção ou de um processo produtivo como um todo. Neste trabalho, será analisado tanto a produtividade de mão de obra em uma atividade específica (montagem e desmontagem das formas, armação e concretagem), como também de um processo produtivo completo (execução de estrutura em concreto armado).

4.1 PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA

No contexto da construção civil, segundo Souza (2006), produtividade de mão de obra é definida como a eficiência (na medida do possível também a eficácia) na transformação dos esforços dos trabalhadores em produtos da construção (Figura 9). Segundo este autor, “eficiência seria “fazer rapidamente certas coisas”; e, eficácia, “fazer rapidamente coisas certas””.

Figura 9 – Produtividade da mão de obra



(Fonte: SOUZA, 2006)

Mensurar valores de produtividade de mão de obra é importante pois eles podem servir de base para discussões de melhoria na construção civil, subsidiando importantes tomadas de decisões (SOUZA, 2000). Conforme afirma Araújo (2005), o desenvolvimento e a capacidade de gerenciamento de uma mão de obra altamente variável (como na construção civil) é

fundamental para reduzir a variabilidade na produtividade, contribuindo para o melhor desempenho das obras do setor.

Nesse sentido, Carraro (1998) aborda 4 benefícios do estudo da produtividade de mão de obra para a indústria da construção civil, descritos a seguir.

- Previsão do consumo de mão de obra: é possível que a empresa obtenha, a partir das obras já executadas, um banco de dados e utilizar essas informações para obras futuras. São dados confiáveis e seguros para previsões, considerando que sejam adotados os mesmos sistemas executivos.
- Previsão da duração dos serviços: a empresa é capaz de prever a quantidade de homens-hora para a execução de determinado serviço. Estes dados são importantes para, em função da mão de obra disponível, estabelecer um cronograma. O contrário também vale, ou seja, a partir de um cronograma, determinar a quantidade de funcionários.
- Avaliação e comparação dos resultados: ao longo do processo, ou mesmo no fim dele, é factível a elaboração de relatórios e a geração de dados de produtividade, facilitando o acompanhamento e controle do serviço, identificando possíveis anomalias no processo e possibilitando a averiguação de qualquer desvio de valor. Além disso é possível comparar valores históricos, não só internamente, mas com outras empresas do setor da construção, balizando o nível de eficácias dos processos executivos adotados.
- Desenvolvimento e aperfeiçoamento de métodos construtivos: a produtividade se consolida como ferramenta importante na avaliação da eficiência e da eficácia dos processos construtivos de uma empresa, e por consequência na obtenção, cada vez mais, de melhores resultados. A partir dela, pode ser percebido que nem sempre o problema é na mão de obra, mas sim no próprio processo construtivo. E que, na medida do possível, se as empresas conseguirem melhorar o processo, conseguem também otimizar a produtividade.

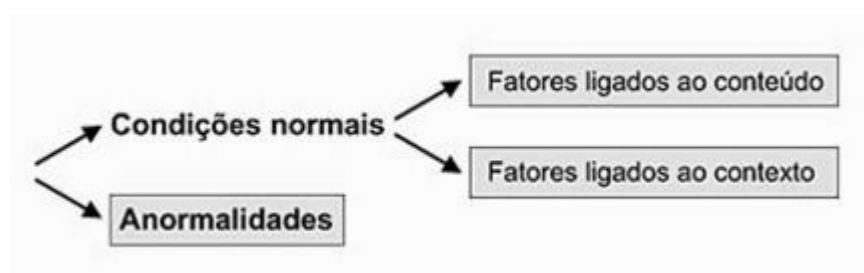
Há diversos fatores que podem afetar a produtividade de um serviço. A seguir estão os fatores que Martins (2013) considera mais relevantes.

- Capacidade e qualificação da mão de obra: é de suma importância que os profissionais sejam treinados e qualificados para os serviços que irão executar e realizem-no de acordo com o procedimento padrão da empresa.
- Metodologia de trabalho usada.
- Disposição do canteiro de obras: a organização do espaço facilita o deslocamento de materiais e também dos funcionários, garantindo condições de conforto e segurança no trabalho.
- Práticas de gestão e controle: a empresa tem por desafio estabelecer um processo de gestão e controle para garantir a qualidade do produto final e controlar os gastos ao longo da execução, além de fazer a gestão das equipes de trabalho e convívio com a burocracia.
- Processos de produção: garantir o rigor e a sistematização dos processos de produção.
- Utilização de matéria prima: racionalização de todos os materiais.
- Estrutura organizacional da empresa.

De acordo com Souza (2006), “a produtividade muda na medida em que ocorre uma variação dos fatores associados ao conteúdo ou ao contexto”, pois se o conteúdo ou o contexto não se alterassem, a produtividade seria constante. Araújo (2005) afirma que estudar estes fatores permite, além de uma formulação de princípios e diretrizes para melhorar as práticas gerenciais das forças de trabalho, aumentar a construtibilidade da estrutura através de projetos mais exequíveis que possibilitem uma alteração no método de trabalho, facilitando o processo como um todo. Gerenciar estes fatores é importante para controlar os índices de produtividade e demonstrá-los nas curvas de aprendizagem (LEITE, 2002).

Além disso, Souza (2006) cita, além das variações causadas pelo conteúdo e pelo contexto, as variações devidas às anormalidades. As anormalidades são, na visão do autor, ocorrências associadas ao conteúdo e ao contexto que são agravadas, ou seja, são tão intensas que podem ser consideradas anormais. Exemplo de anormalidades seriam uma chuva torrencial e a quebra da grua que movimenta todos os materiais. Portanto, a produtividade pode ser afetada pelo contexto, pelo conteúdo e por anormalidades, conforme Figura 10.

Figura 10 – Fatores que afetam a produtividade



(Fonte: SOUZA, 2006)

No que tange à mensuração da produtividade, de acordo com Souza (2006) a produtividade da mão de obra pode ser analisada parcialmente ou globalmente, ou seja, analisar serviços separados (como é o caso da montagem e desmontagem das formas, armação e concretagem) ou a produção de um serviço completo (estrutura em concreto armado) ou até do edifício como um todo. Este autor afirma ainda que uma das maiores dificuldades em relação ao assunto se refere ao fato de que não há uma padronização na análise dos indicadores. Nesse sentido, propõe a utilização do indicador denominado Razão Unitária de Produção (RUP). Este indicador avalia a produtividade a partir do esforço humano (considerado em Homens x hora – Hh) e da Quantidade de serviço (Qs) a ser realizada e será adotado para este estudo de caso. É expresso, portanto, pela Equação 1.

$$RUP = \frac{H \cdot h}{Qs} \quad (\text{Equação 1})$$

A partir da equação, pode-se avaliar que quanto menor forem os valores da RUP, melhores serão os resultados de produtividade. Além disso, ao utilizar esse indicador, é importante, de acordo com Souza (2006), definir:

- quais são os homens a serem avaliados;
- quais são as horas de trabalho que serão quantificadas;
- qual o serviço;
- qual o período de tempo das mensurações de entradas e saídas.

Quanto aos homens que serão avaliados, Souza (2006) afirma que não deve ser considerados os gestores (engenheiro, mestre de obras, encarregados e estagiários, por exemplo), apenas os

operários envolvidos na mão de obra para produção, sejam eles oficiais ou ajudantes. No que diz respeito ao tempo dedicado para a realização do serviço, conforme o autor, é considerado todo o tempo que o operário está disponível, mesmo que ele esteja mais ou menos engajado para a tarefa. Além disso, também não devem ser consideradas pausas por falta de material ou por falta de instrução. Em relação ao serviço, a forma de mensuração varia, podendo ser em metros lineares, metros quadrados ou metros cúbicos, por exemplo. Outrossim, pode ser adotados uma análise total ou em parcelas, de acordo com o interesse na análise dos dados. O autor exemplifica citando o serviço da execução das formas, que pode ser analisado como um todo ou separadamente (pilares, vigas e lajes). Por fim, quanto ao período de tempo, pode-se definir diferentes períodos nos quais as entradas (H e h) e as saídas (Qs) serão mensuradas. O autor propõe diferentes tipos de Razões Unitárias de Produção, que serão explicadas a seguir.

- RUP diária: refere-se a cada dia útil do serviço.
- RUP cumulativa: analisa as entradas e saída acumuladas desde o primeiro dia do estudo até o último.
- RUP cíclica: adotada para serviços com ciclos bem definidos, como o caso da execução de estrutura em concreto armado em pavimentos repetitivos.
- RUP periódica: utilizada quando se pretende avaliar um período específico (semanas, por exemplo).
- RUP potencial: calculada como o valor da mediana das RUP cíclicas inferiores à RUP cumulativa ao final do período estudado.

Ainda no aspecto das avaliações da RUP, é possível determinar, a partir da RUP potencial e da RUP cumulativa, o que Souza (2006) chama de perda percentual de produtividade da mão de obra, definida pela Equação 2.

$$perda M.O (\%) = \frac{RUP_{cum} - RUP_{pot}}{RUP_{pot}} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Nesse sentido, conforme o autor, a RUP potencial é um valor ideal comparado a um valor real – RUP cumulativa – a ser alcançado ao se executar um serviço e pode servir como uma referência de produtividade aceitável para as empresas.

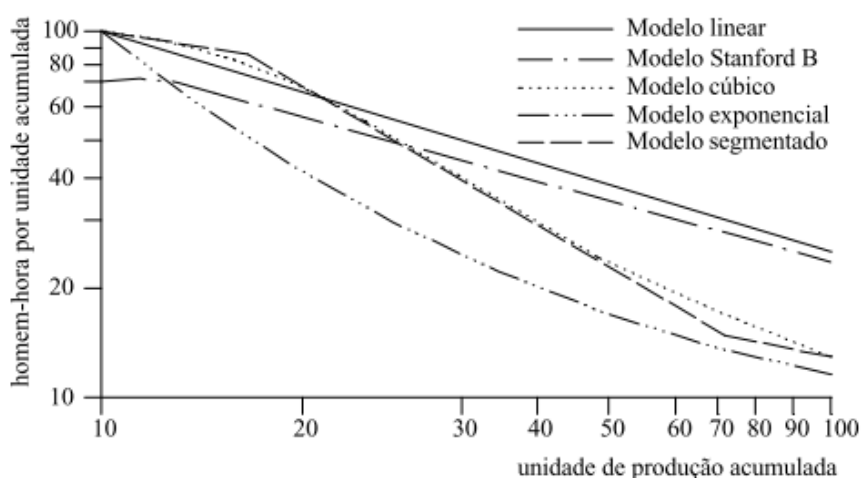
4.2 EFEITO APRENDIZAGEM

De acordo com Heineck (1991) “o efeito aprendizagem parte do princípio que se o trabalho for apresentado em grandes quantidades, de forma repetitiva, e não havendo interrupções na sua execução naturalmente se obtém maiores produtividades”. No geral, o efeito aprendizagem ocorre em canteiros que sejam organizados e planejados, com operários motivados e treinados. Este efeito se mostra presente no momento que se tem continuidade das tarefas executadas. Se houver falta de materiais, interferência com outras tarefas ou outro problema que cause a paralisação do serviço dos operários, ocorre um efeito contrário de retorno a um patamar inferior de aprendizagem (HEINECK, 1991). Agnoletto (2010) ainda afirma que, além das interrupções, não devem haver alterações no método executivo do serviço em questão e não ocorrer trocas de funcionários na equipe de trabalho.

Os índices de produtividade e o efeito aprendizagem podem ser analisados a partir de curvas de aprendizagem. De acordo com LEITE (2002), essas curvas indicam a evolução do tempo gasto para a execução de um serviço e permitem às empresas uma melhor precisão nos prazos, auxiliando na previsão financeira e se consolidando como instrumento de controle da produção.

Um estudo elaborado por Thomas et al. (1986) sugere cinco modelos matemáticos de curvas de aprendizagem a serem adotados nos serviços de construção civil, conforme mostra a Figura 11. Essas curvas descrevem as variações de produtividade em função do número de unidades produzidas e foram elaboradas a partir da análise de 65 variados casos.

Figura 11 – Modelos de curvas de aprendizagem



(Fonte: THOMAS et al., 1986)

De acordo com o que afirma Thomas et al. (1986), escolher o melhor modelo, entender os fatores que afetam a taxa de aprendizagem, calcular os parâmetros do modelo da curva de aprendizagem e quantificar o efeito de baixos desempenhos são os principais problemas das curvas de aprendizagem. Pela conclusão dos autores, o modelo exponencial foi insatisfatório na maioria dos casos. Os modelos de Stanford B e segmentado são de difícil aplicação. Ainda, o modelo cúbico até representa as variações devidas ao efeito aprendizagem, contudo, ele requer a determinação dos parâmetros C e D, facilmente obtidos quando se analisa dados já coletados, em contrapartida, mais difícil de se calcular antes que o serviço inicie. O modelo linear, por sua vez, é o mais utilizado na construção civil e também o mais comentado em artigos sobre o assunto. Sendo assim, neste trabalho será adotado o modelo linear para avaliação das produtividades obtidas.

4.2.1 Modelo linear

Mais utilizado dentre os modelos, é chamado de linear pois, em escala logarítmica apresenta-se em forma de linha reta. Neste modelo, a taxa de aprendizagem permanece constante ao longo da execução do serviço. É apresentado, na sua forma linear pela Equação 3

$$Y_x = A.X^{-n} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

- Y_x é o custo, quantidade de homem-hora ou tempo necessário para x-ésima operação;
- A é o custo, quantidade de homem-hora ou tempo necessário para primeira operação;
- X é o número de ordem da operação;
- n é o parâmetro que caracteriza a curva de aprendizagem.

O aumento da produtividade, ou seja, o ganho devido ao efeito aprendizagem é expresso através do parâmetro S , denominado pelos autores de taxa de aprendizagem. Esta taxa é determinada pela Equação 4.

$$S = 2^{-n} \quad (\text{Equação 4})$$

O parâmetro é expresso em porcentagem e de acordo com Oliveira (1997), quanto menor o valor de S, maior o aprendizado. Ainda, se o valor for 100% significa que nenhum aprendizado adicional ocorreu no processo.

4.2.2 Coeficiente de determinação da curva (R^2)

De acordo com Devore (2006), o coeficiente de determinação de uma curva, também chamado de R^2 , representa uma proporção de variação de “y” que pode ser explicado pelo modelo de regressão, atribuindo uma relação entre “x” e “y”. Quanto mais alto o valor de R^2 , mais a curva do modelo representa as variações de “y” na função estabelecida.

Além disso, Silva e Barros Filho (2000) apud Agnoletto (2010) afirmam que o coeficiente de determinação de uma curva pode variar de 0 a 1, considerando o critério de correlação de “x” e “y” de uma função como:

- valores iguais a 1 correspondem a uma correlação perfeita;
- valores de 0,70 a 0,99 correspondem a uma correlação positiva muito forte;
- valores de 0,50 a 0,69 correspondem a uma correlação positiva substancial;
- valores de 0,30 a 0,49 correspondem a uma correlação positiva moderada;
- valores de 0,10 a 0,29 correspondem a uma correlação positiva ínfima;
- valores iguais a 0,00 não possuem correlação.

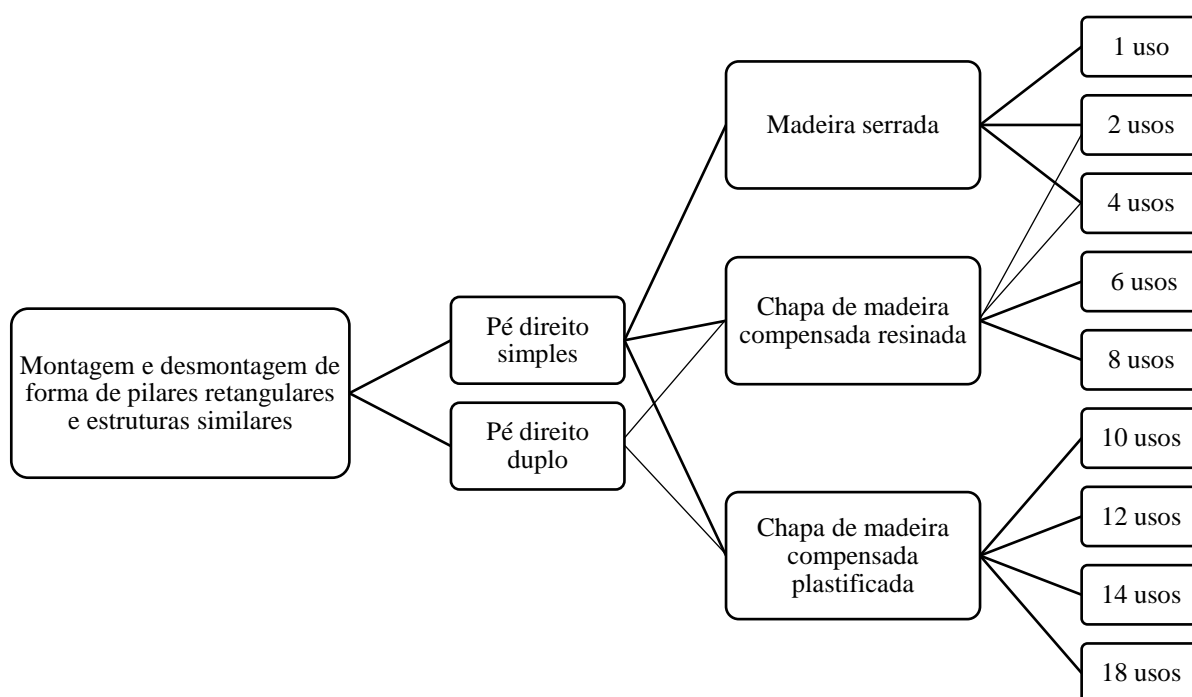
4.3 DADOS EXISTENTES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Mantido pela Caixa Econômica Federal e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) apresenta tabelas muito utilizadas na construção civil, informando custos e índices relevantes para o segmento. Nesse âmbito, o SINAPI fornece composições de serviços para execução de formas em madeira, armação e concretagem de estruturas convencionais em concreto armado. Todas as composições analisadas neste estudo de caso estão apresentadas no ANEXO C. Para obter os dados, foram utilizados os cadernos técnicos de composição que seguem.

- Formas para estruturas de concreto armado – atualizado em setembro de 2020
- Armação de estruturas de concreto armado – atualizado em outubro de 2017
- Concretagem para estruturas de concreto armado – atualizado em dezembro de 2015

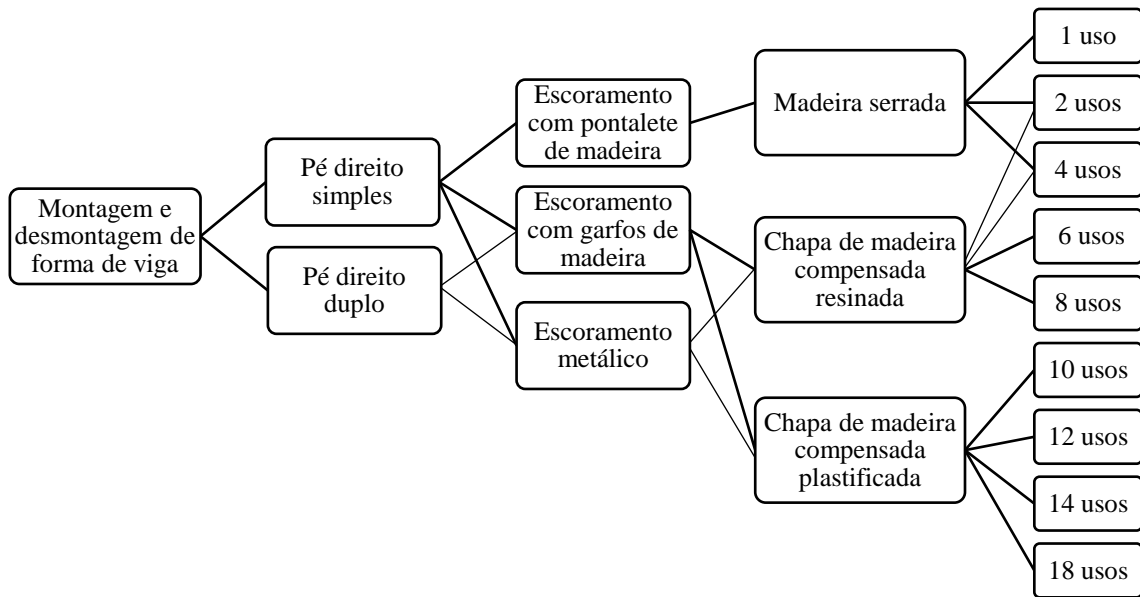
Primeiramente, para o serviço de execução de formas de madeira em estrutura de concreto armado convencional o SINAPI apresenta 97 composições, que variam conforme o material utilizado, peça a ser executada (pilar, viga ou laje) e tipo de escoramento, divididas entre fabricação das formas e montagem e desmontagem das mesmas. Será apresentado neste trabalho apenas a composição de montagem e desmontagem, visto que as formas já estavam fabricadas anteriormente ao início dos serviços dos pavimentos repetitivos do edifício objeto de estudo de caso e não foram consideradas na avaliação da produtividade. Estas composições estão exemplificadas na Figura 12, Figura 13 e Figura 14.

Figura 12 – Composições SINAPI para montagem e desmontagem de forma de pilares



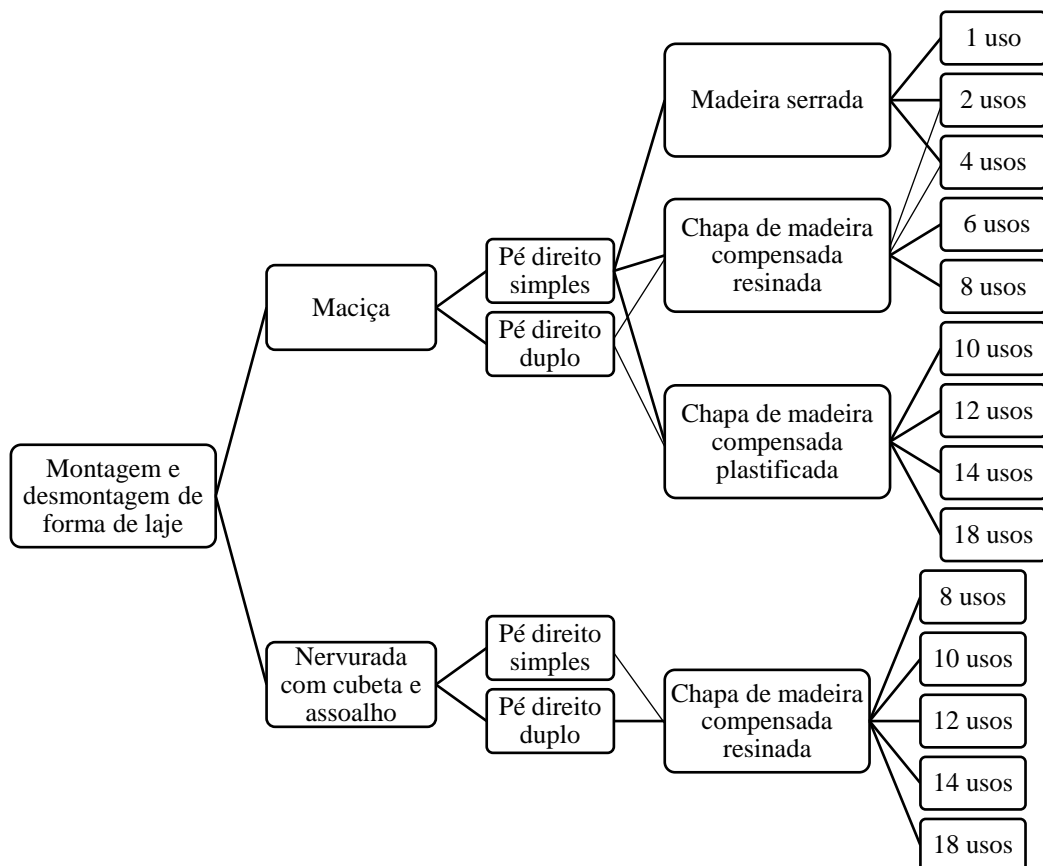
(Fonte: Adaptado de SINAPI, 2020)

Figura 13 – Composições SINAPI para montagem e desmontagem de forma de viga



(Fonte: Adaptado de SINAPI, 2020)

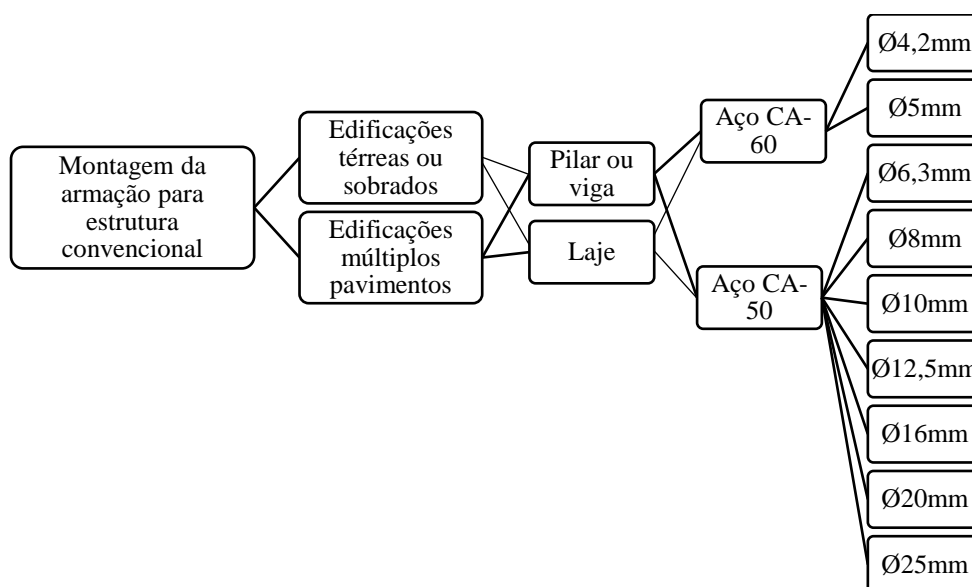
Figura 14 – Composições SINAPI para montagem e desmontagem de forma de laje



(Fonte: Adaptado de SINAPI, 2020)

Já para o serviço de armação para estruturas de concreto armado, são apresentadas 73 composições no Caderno Técnico do SINAPI. Estas composições são divididas entre os serviços de corte e dobra do aço e os serviços de montagem da armadura de pilares, vigas, lajes e alguns outros tipos de estruturas. Além disso, variam conforme o tipo de edificação e o diâmetro da barra de aço. Neste trabalho, será abordado somente as composições referentes à montagem da armadura, considerando que na obra objeto deste estudo de caso o aço foi fornecido cortado e dobrado para que os armadores executassem o serviço. As combinações possíveis estão exemplificadas na Figura 15.

Figura 15 – Composições SINAPI para armação em estruturas convencionais

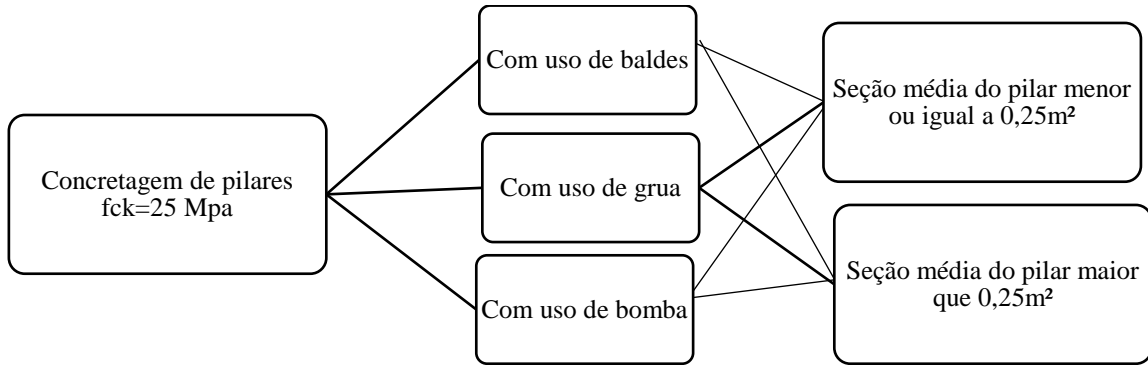


(Fonte: Adaptado de SINAPI, 2017)

Por fim, para o serviço de concretagem para estruturas de concreto armado, são apresentadas pelo SINAPI 25 composições, variando de acordo com o tipo de peça a ser concretada (pilares, vigas e lajes), o equipamento utilizado para tal (bomba, balde, grua e jericá) e a área da seção – para o caso dos pilares – ou áreas médias – para o caso de lajes e vigas. Importante salientar que as composições deste Caderno Técnico são para concreto de resistência igual a 25 MPa para pilares e 20 MPa para vigas e lajes.

Para concretagem dos pilares em concreto armado convencional, são apresentadas 5 composições nas tabelas do SINAPI. É considerado na composição o lançamento, o adensamento e o acabamento do concreto. O esquema para este serviço está apresentado na Figura 16.

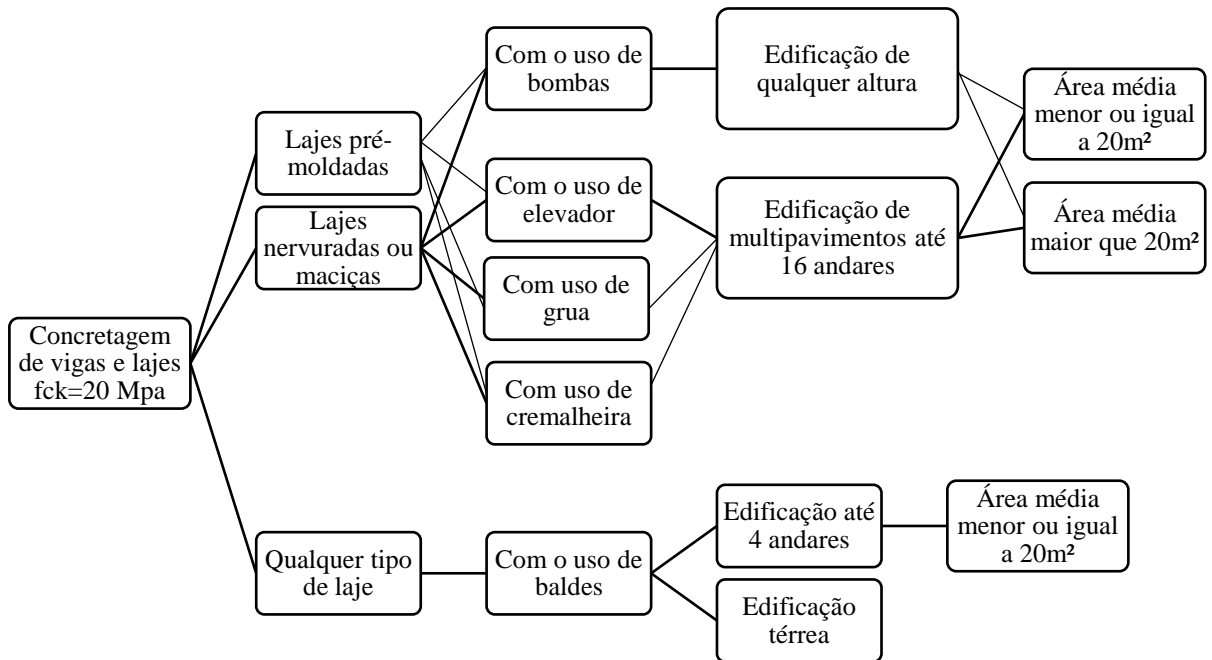
Figura 16 – Composições SINAPI para concretagem de pilares



(Fonte: Adaptado de SINAPI, 2017)

Para a concretagem das vigas e lajes, por sua vez, são 18 composições sugeridas no Caderno Técnico, conforme Figura 17.

Figura 17 – Composições SINAPI para concretagem de vigas e lajes



(Fonte: Adaptado de SINAPI, 2015)

5 ESTUDO DE CASO EM EMPRESA DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Neste capítulo será apresentado o empreendimento objeto deste estudo de caso bem como o processo executivo adotado pela empresa, a quantidade de serviço e a mão de obra disponível para a execução das formas, armadura e concretagem da estrutura em concreto armado dos pavimentos tipo da edificação em estudo.

5.1 INFORMAÇÕES SOBRE O PRODUTO

Este estudo de caso se refere à execução de um prédio residencial (Figura 18), composto por um subsolo e 15 andares acima (incluindo a cobertura), restrito à análise da execução da estrutura dos pavimentos repetitivos.

Figura 18 – Empreendimento objeto de estudo



(Fonte: Arquivo da Construtora)

Executado em estrutura convencional de concreto armado, possui 10 pavimentos tipo (5º ao 14º). Cada pavimento contará com 18 unidades habitacionais, totalizando 233 unidades, sendo o empreendimento caracterizado como *loft/studio*. As obras para construção do edifício iniciaram em agosto de 2019 e a conclusão, antes da pandemia do Covid-19, estava prevista para setembro de 2021. Em virtude da pandemia, esse prazo foi estendido para dezembro de 2021.

Na Figura 19 está indicado pelo retângulo vermelho os pavimentos tipo da edificação. O primeiro pavimento é constituído pelos pilares e vigas que dão sustentação à laje do 5º pavimento. O último pavimento tipo, por sua vez, é formado pelos pilares e vigas que sustentam a laje do 14º andar. Todos pavimentos possuem pé direito de 2,75 metros.

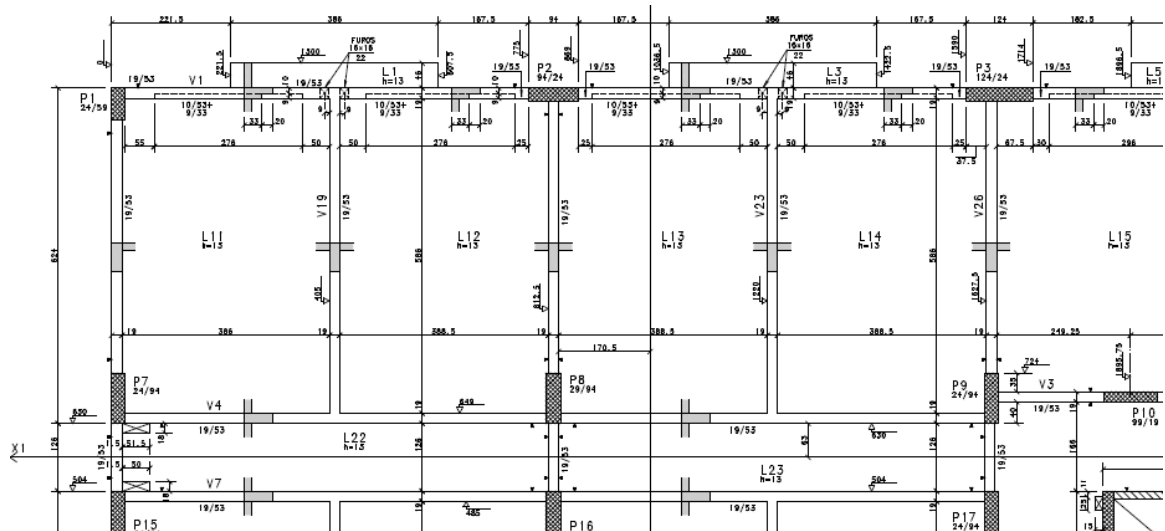
Figura 19 – Identificação dos pavimentos tipo



(Fonte: Arquivo da Construtora)

Quanto ao projeto estrutural, na Figura 20 é apresentado um recorte do projeto. O projeto completo está no ANEXO A. São 29 pilares com variadas seções e 41 vigas. Em sua maioria, as vigas possuem 19cm de base e 53cm de altura. A espessura das lajes é de 13cm.

Figura 20 – Projeto de formas do pavimento tipo



(Fonte: Arquivo da Construtora)

O modelo 3D da estrutura pode ser visto na Figura 21.

Figura 21 – Modelo em 3D da estrutura em concreto armado



(Fonte: Arquivo da Construtora)

Quanto à execução da estrutura em concreto armado, há uma particularidade: nos pavimentos ímpares da torre é prevista a execução de uma região denominada de “floreiras”, vigas invertidas que servirão como base para o plantio das plantas suspensas do empreendimento, conforme Figura 22.

Figura 22 – Detalhe das floreiras nos pavimentos ímpares



(Fonte Arquivo da Construtora)

Nesse aspecto, para estes pavimentos, há uma pequena diferenciação na execução. Apesar disso, o pavimento ainda pode ser considerado como tipo pois todos os demais trechos da estrutura permanecem iguais e as floreiras não alteram significativamente no prazo de execução.

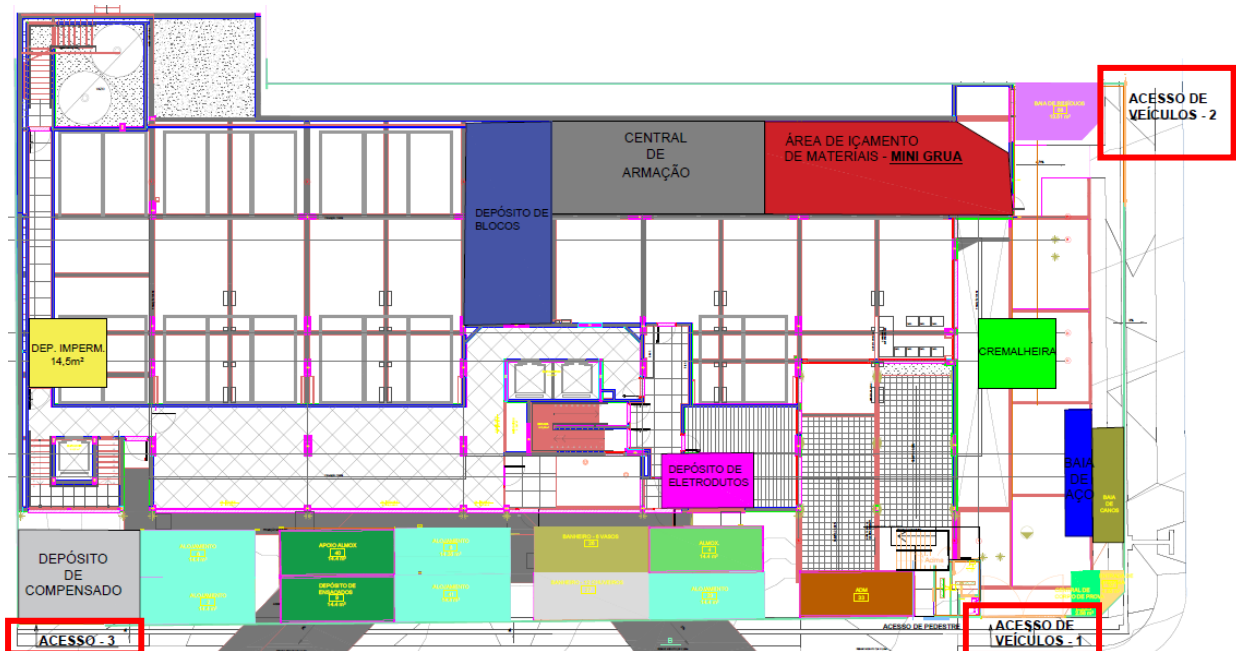
5.2 INFORMAÇÕES SOBRE CONTRATAÇÕES, PRAZOS, LOGÍSTICA E MATERIAIS

Primeiramente quanto à mão de obra para a execução da estrutura em concreto armado, a empresa tem por padrão contratar empreiteiro para realização deste serviço. A subcontratação ou terceirização de empreiteiros é prática bastante comum no segmento da construção civil e foi adotada em todos os serviços executados no empreendimento. Inicialmente, é feita uma reunião com o empreiteiro para alinhar o cronograma da obra e o número de funcionários para a execução da estrutura em concreto armado, objetivando atender o prazo da obra. O dimensionamento da equipe de trabalho é baseado em índices de produtividade já existentes no banco de dados da construtora e na experiência do empreiteiro. Fator importante para essa

análise é que, quase em sua totalidade, as obras da construtora que possuem estrutura convencional em concreto armado são executadas pelo mesmo empreiteiro há alguns anos, o que diminui a variação destes índices e os torna mais confiáveis – por ser a mesma equipe de execução ao longo das obras.

Em relação à logística do canteiro, esta foi um tanto quanto dificultada pelo tamanho do terreno, visto que a torre ocupa boa parte da área. Na Figura 23 está apresentado o layout do canteiro de obras adotado durante boa parte da execução da estrutura dos pavimentos tipo, com a indicação dos acessos.

Figura 23 – Layout do canteiro



(Fonte Arquivo da Construtora)

Por ser um terreno de esquina foi possível a execução de dois portões de acesso de veículos (Acesso 1 e Acesso 2). Além disso, um terceiro acesso (Acesso 3) foi construído para facilitar a entrada de material, principalmente madeira, entretanto não era possível entrar com o caminhão no canteiro por este portão, o veículo precisava estacionar na rua pública. Conforme será comentado na seção seguinte, a central de formas foi construída no subsolo e assim que concluída a produção das formas, a mesma foi desativada. Qualquer corte ou alteração na forma que precisasse ser feito posteriormente era executado em local provisório no próprio pavimento. Contudo, tal fato dificilmente ocorreu pois, com projeto específico de produção, os erros são minimizados. Na Figura 23 pode-se identificar ainda, na lateral direita, no retângulo azul, a

“baia” de aço, local destinado ao armazenamento do aço cortado e dobrado, transportado e entregue pelo fornecedor contratado, com descarga ocorrendo pelo Acesso 2. Percebe-se também, em cinza, na divisa superior do terreno, a “Central de Armação” e, ao lado, a “Área de içamento de materiais”, processo que ocorria através da minigrua.

A minigrua era alugada e foi posicionada em local estratégico, para facilitar a distribuição do material e o giro do equipamento. Na Figura 24 o local da minigrua.

Figura 24 – Posição da minigrua



(Fonte: Autor)

Com relação às programações dos materiais, esta tarefa compete à engenharia da obra. Com antecedência, foram alinhadas as entregas de madeira, para que todo material estivesse disponível na semana anterior ao início da produção das formas. Para o aço, ocorriam duas entregas por ciclo de execução: uma para lajes do pavimento “n” e pilares do pavimento “n+1” e outra para as vigas do pavimento “n+1”, com exceção do primeiro pavimento, onde foram entregues vigas e pilares primeiramente. A programação inicial previa que as entregas se realizassem com, no mínimo, três dias de antecedência ao início da armação das peças em questão. Entretanto, o cronograma nem sempre foi cumprido pela fornecedora do aço. Após a

segunda paralisação por conta da pandemia do Covid-19 (em julho e agosto de 2020), os efeitos começaram a ser notados pelo setor da construção. A empresa fornecedora do aço não possuía matéria prima o suficiente para atender as demandas anteriormente contratadas, o que incluía o empreendimento em questão. Apesar de esforços da gestão da obra e da diretoria, não foi possível adquirir todo material com o fornecedor contratado. Para uma das lajes, o aço teve que ser adquirido no varejo, por um preço 110% maior que o valor de contrato. Prezou-se, nesse caso, pelo cumprimento do cronograma de execução da obra. O mesmo aconteceu com o fornecimento do concreto durante este período. Por falta de cimento no mercado, as datas agendadas previamente com a concreteira não puderam ser cumpridas em seis oportunidades. Da mesma forma, tentou-se outro fornecedor, mas sem sucesso pois a escassez do produto no mercado era geral. Como exemplo, a concretagem da laje do 7º pavimento, marcada para 10 de setembro de 2020, não pode ser realizada, nem no dia 10 e nem no dia 11, por falta de concreto. Nesse caso, para continuar atendendo ao cronograma da obra, optou-se por trabalhar aos sábados, para recuperar os “dias perdidos” por falta de disponibilidade de concreto. Foram realizadas, portanto, seis concretagens em sábados (12/09, 19/09, 26/09, 03/10, 10/10 e 07/11) a fim de recuperar o cronograma inicial afetado pelo atraso no fornecimento dos materiais, tanto do concreto quanto do aço.

No que tange aos materiais utilizados, todas as entregas passam por uma verificação criteriosa, seguindo as Fichas de Verificação de Material (FVM) elaboradas pela empresa, baseada em normas específicas e também em históricos de problemas. Com relação às chapas de compensado em madeira, é feita a verificação desde as dimensões das peças, número de lâminas, aspecto superficial, até a colagem – através de ensaio específico. Nas madeiras serradas, é analisado se existem rachadura ou “nós” falhos, a espécie da madeira, as dimensões e deformações. Quanto ao aço, são conferidas informações do fabricante, certificado de qualidade do material (atestando atendimento a todas as propriedades mecânicas do aço), a quantidade e a bitola. A empresa tem como padrão aquisição do aço cortado e dobrado. No recebimento do concreto é avaliado o lacre do caminhão, as informações da nota fiscal e a homogeneidade do produto.

Em termos de prazo, a execução do pavimento tipo iniciou em 24 de junho de 2020 com a armação dos pilares do 5º pavimento. No dia seguinte, 25 de junho de 2020, as obras foram paralisadas por decreto, em virtude da pandemia do Covid-19. O retorno ocorreu somente em 10 de agosto de 2020, quando efetivamente iniciou a montagem das formas. Cabe ressaltar

novamente que as formas estavam executadas anteriormente, conforme será apresentado a seguir. O que será avaliado neste trabalho é a montagem no pavimento, considerando que as todas as peças estão concluídas para iniciar o serviço. Por fim, a primeira concretagem foi em 18 de agosto de 2020, para os pilares do 5º pavimento. A última concretagem foi em 07 de novembro de 2020, quando da concretagem da laje do 14º pavimento.

5.3 CICLO DE EXECUÇÃO

A construtora na qual foi realizado este estudo dispõe de procedimentos executivos padronizados para todos os serviços realizados em seus canteiros de obra. Em relação à estrutura de concreto armado, possui procedimento de “Execução de armadura”¹, “Central de formas”¹, “Montagem de forma para estruturas de concreto armado – pavimento tipo”¹ e “Concretagem de peça estrutural – supraestrutura”¹. Com base nestes procedimentos, será apresentado o processo completo da execução de estrutura em concreto armado adotado na empresa em questão.

O cronograma da obra – e a empresa, no geral – prevê a execução de um pavimento tipo em estrutura convencional de concreto armado a cada seis dias de trabalho. O planejamento e andamento da execução das tarefas é apresentado na Tabela 3 para os carpinteiros e na Tabela 4 para os armadores. Na medida do possível, deve ser rigorosamente seguido, pois o não cumprimento da tarefa planejada para o dia pode impactar na tarefa do dia seguinte e por consequência na conclusão do pavimento em questão.

¹ Cadernos técnicos executivos da construtora analisada

Tabela 3 – Sequência de atividades - formas

Dia do ciclo	Atividade em andamento no pavimento - Carpinteiros				
	n-3	n-2	n-1	n	n+1
6°				<p>Manhã: Concretagem de lajes e vigas e concomitante colocação do escoramento permanente.</p> <p>Tarde: Concretagem de lajes e vigas e concomitante colocação do escoramento permanente; Cura da laje.</p>	
1°			<p>Manhã: Desforma dos pilares; Retirada das escoras em madeira das vigas.</p>		<p>Manhã: Transferência dos eixos; Marcação dos gachos dos pilares; Posicionamento da armadura dos pilares.</p> <p>Tarde: Fechamento da forma dos pilares; Subida das escoras das vigas.</p>
2°	<p>Manhã: Remoção do reescoro e desforma dos painéis de fundo das vigas.</p>		<p>Manhã: Desforma painéis laterais das vigas.</p> <p>Tarde: Desforma do assoalho da laje e transporte para o pavimento superior.</p>		<p>Manhã: Subida dos fundos de viga do pavimento escorado há 28 dias; Início colocação dos painéis de fundo das vigas e distribuição das escoras das vigas.</p> <p>Tarde: Colocação dos painéis laterais das vigas internas; Cimbramento das vigas; Início barroteamento da laje.</p>
3°	<p>Manhã: Remoção do reescoro e desforma das faixas de reescoro das lajes</p>		<p>Manhã: Desforma do assoalho da laje</p>		<p>Manhã: Montagem assoalho da laje</p> <p>Tarde: Montagem assoalho da laje; Prumo e travamento dos pilares; Concretagem dos pilares</p>

continua

continuação

Dia do ciclo	Atividade em andamento no pavimento - Carpinteiros				
	n-3	n-2	n-1	n	n+1
4°				Manhã: Limpeza do pavimento	Manhã: Colocação dos painéis laterais das vigas de periferia; Travamento das vigas. Tarde: Travamento das vigas.
5°					Manhã: Ajuste e nivelamento nas formas das vigas e das lajes; Montagem da forma da escada. Tarde: Ajuste e nivelamento nas formas das vigas e das lajes; Montagem da forma da escada; Revisão do escoramento
6°					Manhã: Concretagem de lajes e vigas e concomitante colocação do escoramento remanescente; Lavagem e monitoramento da forma pela parte de baixo. Tarde: Concretagem de lajes e vigas e concomitante colocação do escoramento remanescente; Lavagem e monitoramento da forma pela parte de baixo; Cura da laje.

(Fonte: Autor)

Tabela 4 – Sequência de atividades - armação

Dia do ciclo	Atividade em andamento no pavimento - Armadores		
	n	n+1	n+2
6°	Manhã: Acompanhamento da concretagem de lajes e vigas. Tarde: Acompanhamento da concretagem de lajes e vigas.		Manhã: Armação dos pilares. Tarde: Armação dos pilares.
1°		Manhã: Posicionamento da armadura dos pilares; Tarde: Armação das vigas;	
2°		Manhã: Armação das vigas. Tarde: Armação das vigas.	
3°		Tarde: Armação das vigas; Içamento das vigas; Colocação armadura das vigas.	Manhã: Armação dos pilares.
4°		Manhã: Armação positiva das lajes. Tarde: Armação positiva das lajes.	
5°		Manhã: Armação negativa das lajes. Tarde: Armação negativa das lajes; Armação da escada.	
6°		Manhã: Acompanhamento da concretagem de lajes e vigas. Tarde: Acompanhamento da concretagem de lajes e vigas.	

(Fonte: Autor)

As etapas apresentadas na Tabela 3 e Tabela 4 apresentam o sequenciamento ideal das tarefas. Porém, nem sempre foi possível atender ao previsto. No APÊNDICE A e no APÊNDICE B estão apresentadas as tabelas dos dados coletado na obra para o serviço de formas e armação, respectivamente. Na coluna “Observação” das tabelas apresentadas, consta o serviço realizado em cada dia de trabalho. Apesar de algumas diferenças em relação ao previsto para o dia em questão, o cronograma final foi mantido e a entrega de todos os ciclos do pavimento atendeu ao prazo final da execução da estrutura. Em seguida, o processo de execução será descrito detalhadamente.

5.3.1 Produção das formas

Conforme apresentado anteriormente, a etapa de produção das formas influencia significativamente no resultado final da estrutura em concreto armado. Nesse sentido, antes de iniciar a elevação dos pavimentos, é montada uma central de formas, local apropriado para a fabricação das mesmas. Nesse caso, ela foi construída no subsolo. Na central é realizado o corte, pintura e montagem, conforme projeto específico, verificação e estocagem da forma confeccionada. O processo se assemelha a uma linha de produção e inicia em torno de 40 dias antes da data programada para utilização das formas. Na Figura 25, Figura 26 e Figura 27 estão apresentadas a central de formas que serviu de local para a produção das formas utilizadas na obra.

Figura 25 – Central de formas com projetos de produção disponíveis



(Fonte: Autor)

Figura 26 – Central de formas



(Fonte: Autor)

Figura 27 – Bancada de corte na central de formas



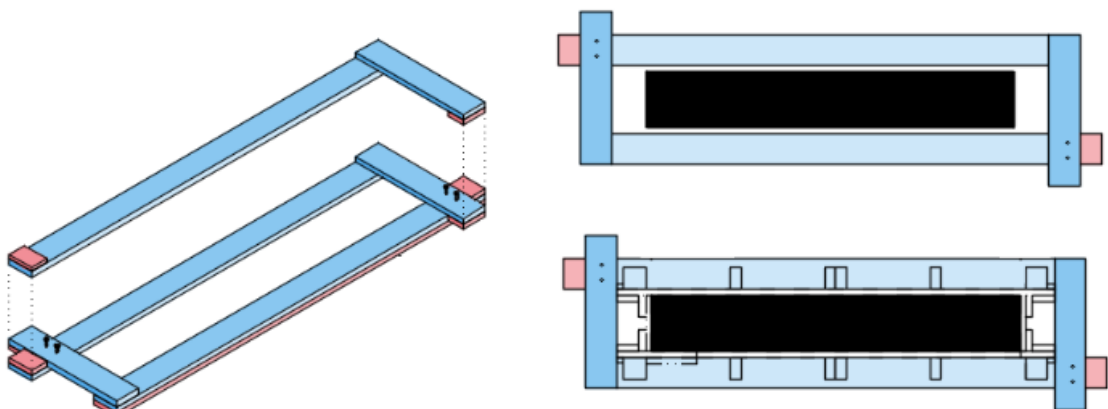
(Fonte: Autor)

O projeto de produção das formas apresenta todas as medidas e dimensões, especificações de material, cor da pintura, sequência de montagem e detalhes específicos para todas as peças. O conjunto de projetos executivos compreende:

- planta de locação e verificação dos pilares e gualdrões;
- planta de paginação das lajes com o posicionamento das escoras remanescentes;
- planta de distribuição das escoras de vigas;
- planta de sequência de montagem das escoras de referência;
- planta de especificações e detalhes genéricos para pilares;
- planta para as formas de todos os pilares;
- planta de montagem dos colarinhos de todos os pilares;
- planta para as formas de todas as vigas;
- planta para montagem de todas as escoras de vigas;
- planta de paginação das lajes.

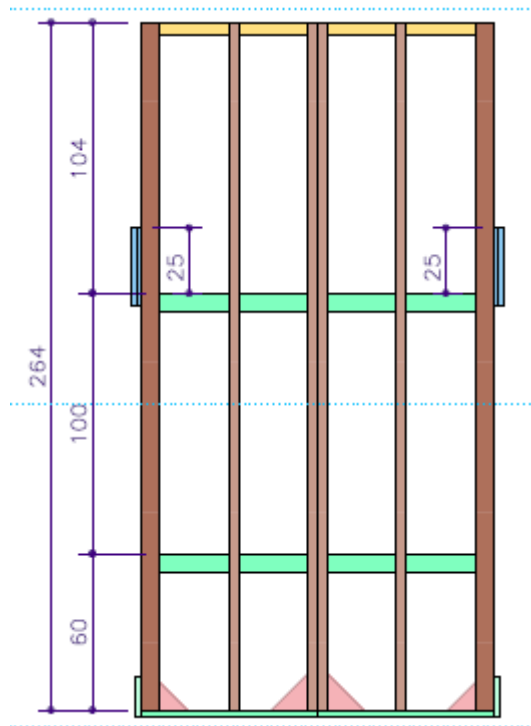
No geral, foi utilizada chapa compensada plastificada 18x1220x2440mm para painéis de pilares, vigas e lajes. Para os sarrafos (7cm, 5cm e 2,2 cm), pontaletes (7x7cm) e meio pontaletes (7x3,5cm), foi utilizada madeira de pinus, rigorosamente bitolada. Essas peças foram usadas para montagem dos gualdrões (Figura 28) e das grades dos pilares (Figura 29), formas de viga (Figura 30), escoras das vigas (Figura 31), entre outras peças.

Figura 28 – Detalhe genérico de projeto para execução dos gualdrões



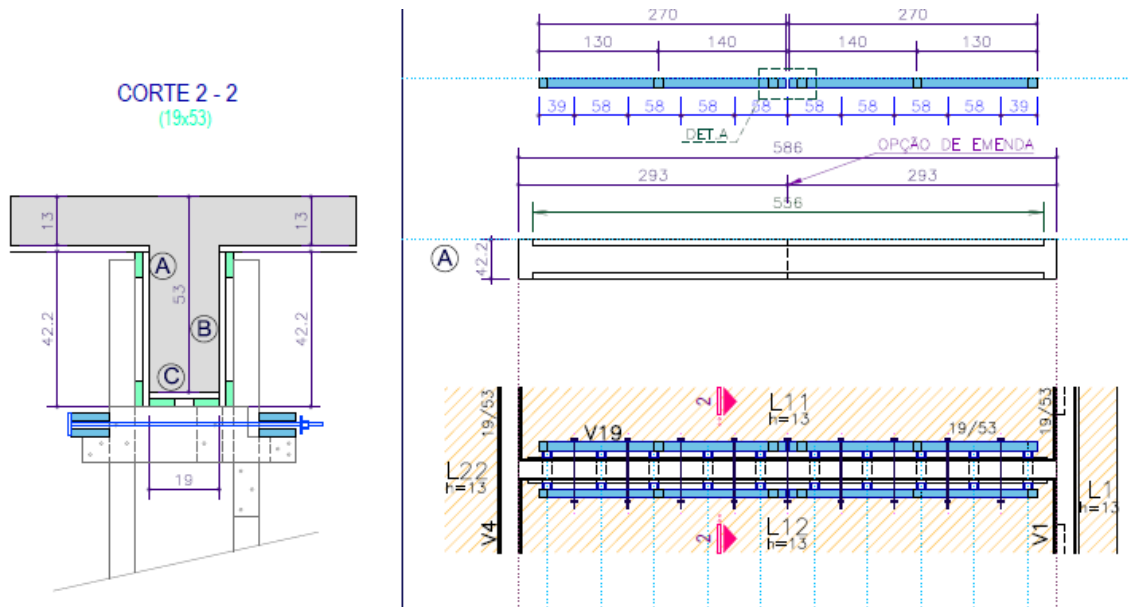
(Fonte: Arquivo da Construtora)

Figura 29 – Grade de pilar



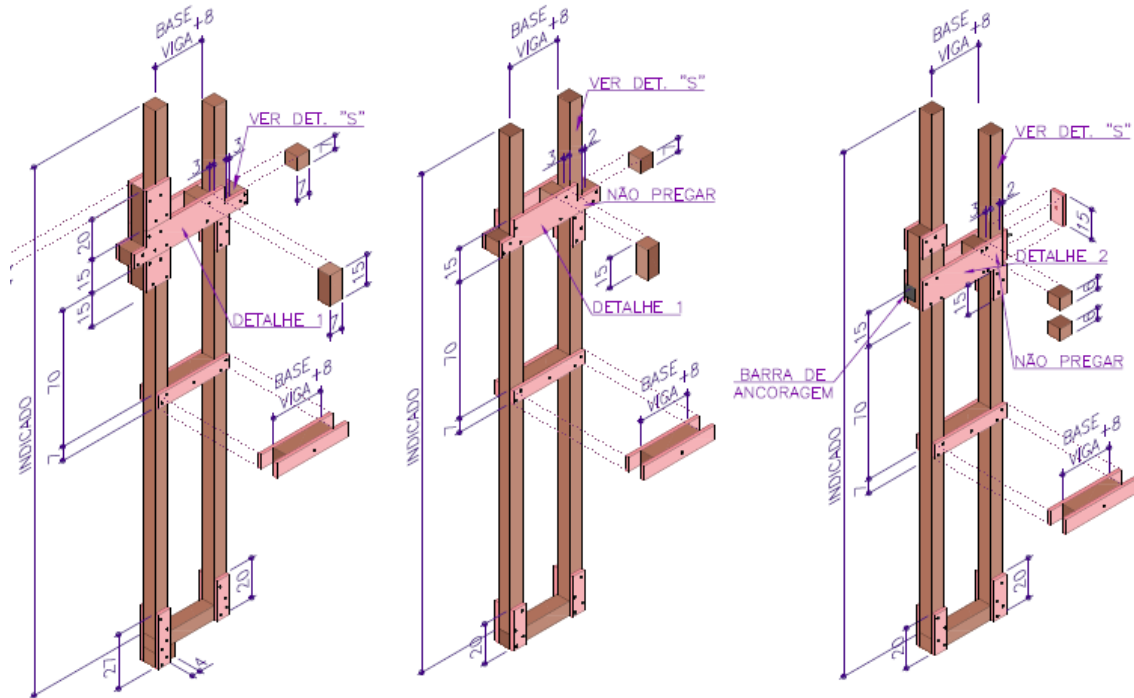
(Fonte: Arquivo da Construtora)

Figura 30 – Projeto de viga



(Fonte: Arquivo da Construtora)

Figura 31 – Escoras das vigas



(Fonte: Arquivo da Construtora)

Barras de ancoragem, arruelas e perfis metálicos foram utilizados no travamento da forma, bem como no suporte e montagem da laje. Também foram utilizadas escoras metálicas para o escoramento permanente das vigas e para o escoramento inicial e permanente das lajes.

Nesse sentido, o sistema de formas adotado é dito como misto, ou seja, com os moldes feitos em madeira e parte do cimbramento da forma em peças metálicas, possuindo componentes para elementos verticais e horizontais e uma configuração em sistema tramado.

Diferentemente do usual, no sistema adotado pela empresa existe uma particularidade: as escoras utilizadas nas vigas são, na sua maioria, em madeira. Somente as escoras remanescentes e as escoras das lajes são metálicas. Na Figura 32 pode-se perceber, em vermelho, as escoras das vigas, em amarelo/alaranjado as escoras metálicas e alguns outros componentes do sistema, como as vigas metálicas (VM's) que sustentam as formas das lajes.

Figura 32 – Sistema de forma mista, tramada, com escoras de madeira e metálicas



(Fonte: Autor)

Em suma, as formas foram todas executadas na obra a partir de projeto de produção específico já mencionado, com as definições apresentada a seguir.

- Forma de pilar em painel de chapa de madeira compensada plastificada com 18mm de espessura, estruturado com grades fabricadas em madeira serrada, bitolada e também com guias em perfis metálicos, amarrados por meio de barras de ancoragem metálicas e aprumada com o auxílio de mãos francesas em madeira e também metálicas.
- Formas das vigas executadas com painéis de chapa de madeira compensada plastificada com 18mm de espessura. Estruturação e travamento da forma feita com sarrafos e escoras de madeira. Travamento lateral dos painéis feito com barras de ancoragem metálicas.
- Forma da laje constituída por chapa de madeira compensada com 18mm de espessura. Cimbramento em sistema tramado, vigeamento longitudinal e transversal com vigas metálicas apoiadas em escoras também metálicas.

Concluída a execução de todas as peças, elas foram armazenadas na central localizadas no térreo, conforme Figura 33, Figura 34, e Figura 35.

Figura 33 – Armazenamento das formas confeccionadas – escoras das vigas



(Fonte: Autor)

Figura 34 – Armazenamento das formas confeccionadas – grades de pilar



(Fonte: Autor)

Figura 35 – Armazenamento das formas confeccionadas – escoras das vigas e painéis das vigas

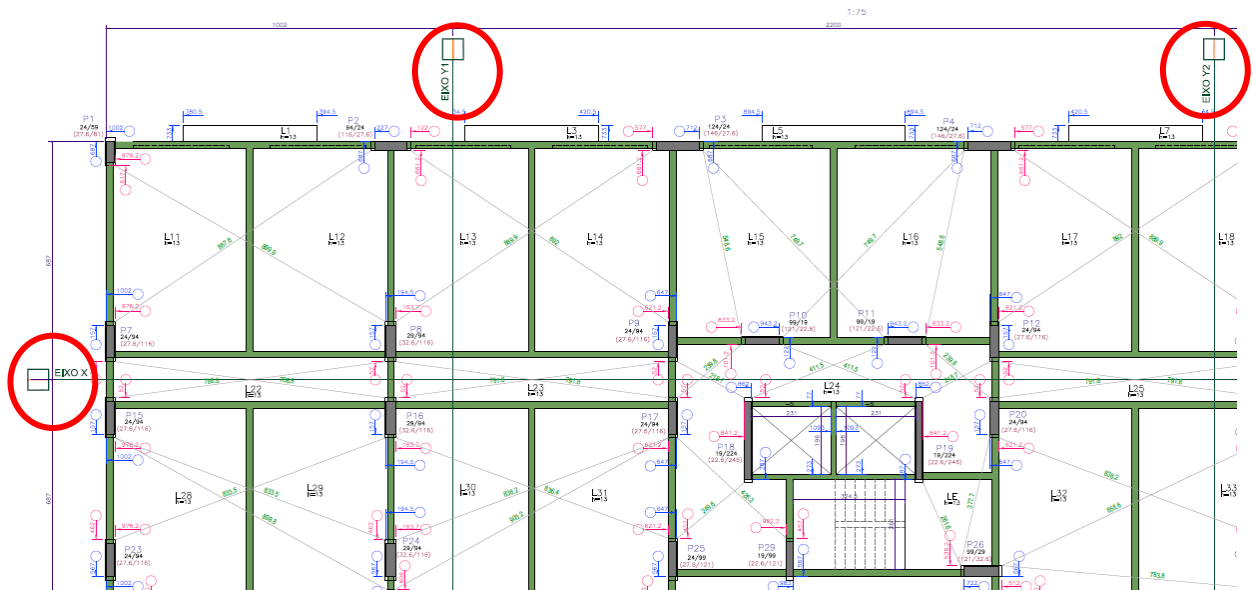


(Fonte: Autor)

5.3.2 Transferência de eixos e marcação dos gualhos

Com as formas concluídas, a primeira etapa executada efetivamente no pavimento consiste na transferência/locação dos eixos. Estes eixos servem de referência para a locação dos elementos da torre. Para isto, são necessários, no mínimo, dois eixos. Na obra objeto de estudo, foram utilizados três: eixo X, eixo Y1 e eixo Y2, conforme Figura 36. No ANEXO B é apresentado por completo a planta de locação e verificação dos pilares e gualhos.

Figura 36 – Eixos para locação



(Fonte: Arquivo da Construtora)

Inicialmente, a marcação dos eixos foi feita no gabarito da obra. Como o pavimento tipo inicia no 5º pavimento, o processo a ser feito é a transferência dos eixos do 4º para o 5º andar, através de guias, denominadas “caranguejos de marcação” ou “ganchos”, conforme Figura 37.

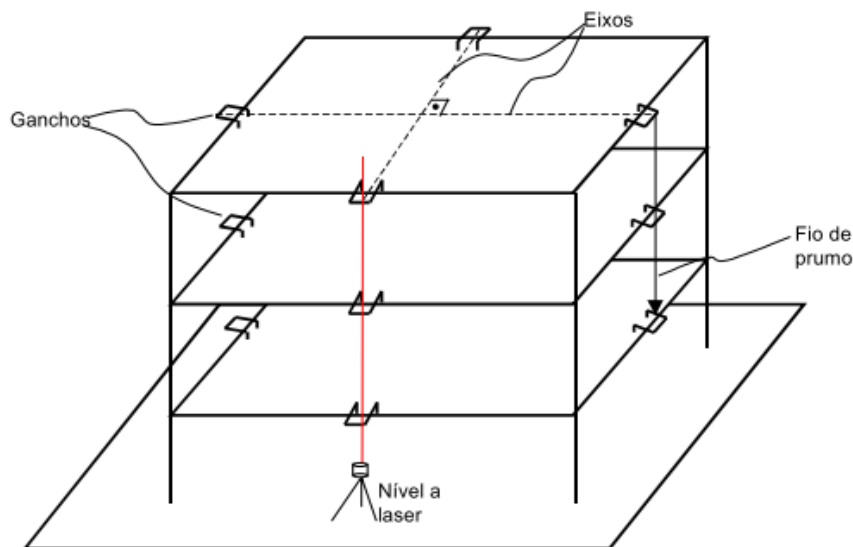
Figura 37 – “Caranguejo” de marcação



(Fonte: Autor)

Estes “caranguejos” são posicionados na periferia da torre e por meio de um fio de prumo, a partir da referência do pavimento imediatamente anterior, é feita a transferência, como mostra a Figura 38. Posiciona-se a ponta exatamente no ponto por onde passa o eixo do pavimento inferior e então é feita a marcação no “caranguejo”. Importante salientar que também é feita a conferência da marcação deste novo ponto com pontos situados três ou quatro andares abaixo (quando possível) e a conferência com a utilização de nível a laser.

Figura 38 – Exemplo de transferência de eixos com o uso do fio de prumo e nível a laser

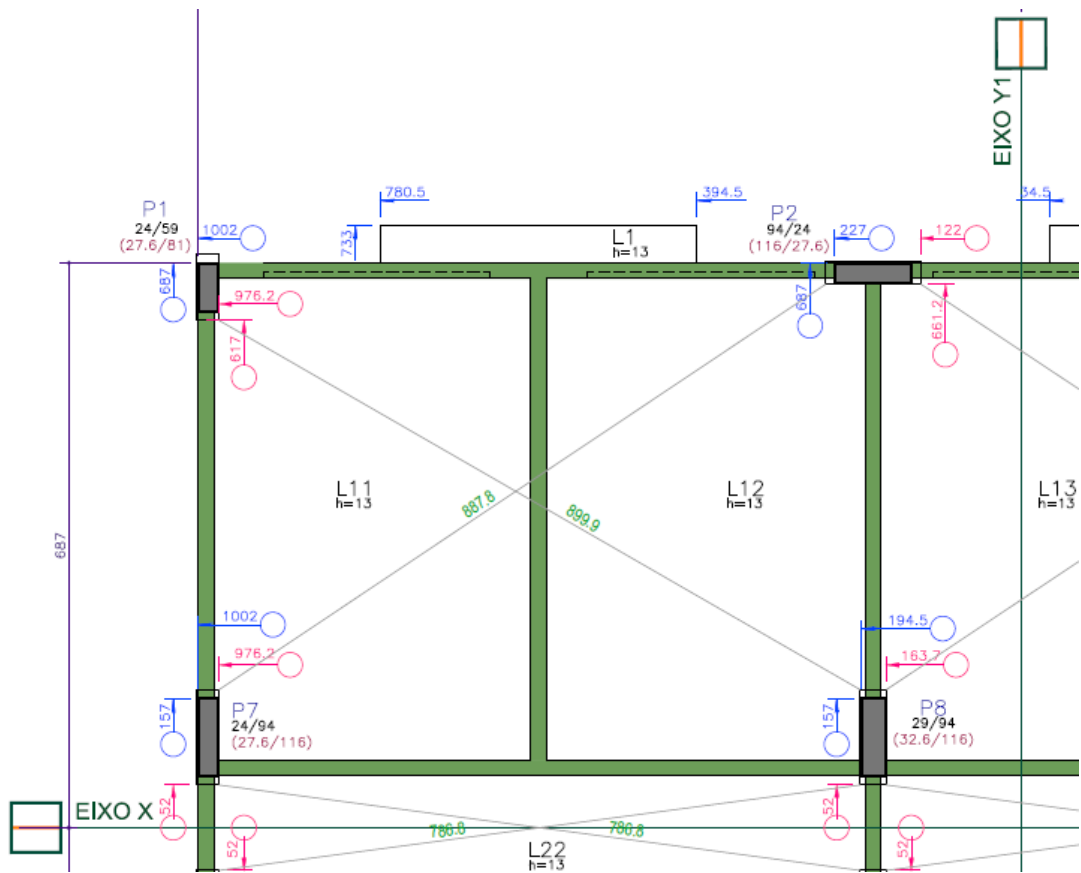


(Fonte: FREIRE, 2001)

Após marcado o eixo nos “caranguejos”, deve ser feita verificação de ortogonalidade e triangulação entre eixos, para então ser liberada a próxima etapa: a locação dos gastalhos dos pilares, usualmente chamados de “colarinhos”. O “colarinho” é uma das peças de madeira fabricadas antecipadamente da central de formas, e conforme apresentado, tem projeto específico para tal.

Com a laje limpa, verificando se não há nenhum obstáculo, a partir do projeto de locação (ANEXO B) é feita a marcação dos gastalhos dos pilares. Na Figura 39 é apresentado uma ampliação do projeto de locação, onde são indicadas, a partir dos eixos, as cotas a serem posicionados os gastalhos.

Figura 39 – Ampliação do projeto de marcação dos gastalhos dos pilares



(Fonte: Arquivo da Construtora)

Em cada face lateral são feitas duas medições para confirmar a posição da peça e em seguida o “colarinho” é fixado na laje com pregos de aço, conforme Figura 40.

Figura 40 – Processo de marcação dos gastalhos



(Fonte: Autor)

A tolerância na conferência é de 1mm, pois qualquer erro maior pode “desaprumar” a estrutura da torre, visto que este é o processo de locação dos pilares. Na Figura 41 está o resultado do processo, com os gualhos posicionados e fixados.

Figura 41 – Gualhos locados conforme projeto



(Fonte: Autor)

Portanto, este é um serviço crucial, pois a partir dele é definida a posição dos pilares, liberando a continuidade dos serviços de fechamento da forma dos mesmos.

5.3.3 Montagem dos pilares

Conferida a locação de todos os gualhos é liberada a etapa seguinte: montagem/colocação da armadura dos pilares. Conforme já citado, o aço é entregue na obra cortado e dobrado. A montagem do aço dos pilares acontece com antecedência na central de armação, situada no térreo, e segue o cronograma apresentado na Tabela 4. Ou seja, quando da liberação dos gualhos, o pilar já montado é transportado através da minigrua para o pavimento em questão e então é feita sua colocação, encaixando-os sobre as esperas existentes (Figura 42).

Figura 42 – Colocação da armadura dos pilares



(Fonte: Autor)

Concomitante a estes processos - marcação dos gualhos e posicionamento da armadura dos pilares – é feita a desforma dos painéis dos pilares do pavimento imediatamente anterior e subida para o pavimento em execução, com exceção do primeiro pavimento tipo, onde, diferentemente dos demais pavimentos, são transportadas pela minigrua as formas armazenadas na central localizada no térreo. Todos os componentes dos pilares são transportados para o pavimento em montagem somente após liberação da locação dos gualhos.

Conferida a fixação dos gualhos e a armadura dos pilares, é feito o posicionamento e fechamento da forma dos pilares. Fixa-se primeiramente a grade (ou “gradil”) do pilar no gualho, apresentado na Figura 43, apurando-o previamente como auxílio de mãos francesas.

Figura 43 – Colocação das grades dos pilares



(Fonte: Autor)

Então, é feita a transferência de nível do pavimento inferior para todas as grades dos pilares, garantindo que o mesmo tenha seu topo nivelado conforme cotas de fundo da laje e viga. Posiciona-se corretamente então as quatro faces das formas, colocando-se as barras de ancoragem nas linhas de amarração definidas em projeto. Além disso, são colocadas as mãos francesas (metálicas e em madeira) a fim de aprumar previamente os pilares. Ao final do primeiro dia do ciclo todos os pilares devem estar com suas formas concluídas, com todos seus componentes fixados e aprumados, conforme Figura 44.

Figura 44 – Forma de pilar concluída



(Fonte: Autor)

5.3.4 Montagem das vigas

Concluído o fechamento das formas dos pilares, com todos os componentes apurados e travados, a etapa subsequente é a montagem das formas das vigas, iniciada no segundo dia do ciclo. Inicialmente, é feito o transporte dos “garfos” (escoras das vigas) e dos painéis para o pavimento de montagem. Com exceção do primeiro pavimento tipo, o transporte das escoras é feito após a desforma do pavimento imediatamente anterior. Na Figura 45, as escoras posicionadas para iniciar a execução do serviço.

Figura 45 – Escoras das vigas posicionadas no pavimento



(Fonte: Autor)

Em seguida são colocados os painéis de fundo, iniciando pelos trechos próximos às partes superiores dos pilares (Figura 46). Os painéis de fundo para um pavimento “n” são obtidos do pavimento “n-4” quando, após 28 dias, este pavimento tenha atingido a resistência mínima determinada em projeto para o concreto (30 MPa), liberando a retirada do escoramento remanescente e por consequência os painéis de fundo e as faixas de reescoro das lajes – o processo será explicado na seção 5.3.7.

Figura 46 – Início colocação dos painéis de fundo das vigas



(Fonte: Autor)

As escoras vão sendo distribuída ao longo da projeção da viga e em seguida são apumadas e alinhadas previamente. Para a colocação dos fundos ser a mais rápida possível, todos os painéis são identificados, no centro pelo número da viga, e nas extremidades pelo número do pilar (ou viga) em que se apoiam, seguindo as diretrizes do projeto executivo de produção das formas. Ademais, estes painéis são distribuídos na laje conforme às posições, facilitando o serviço da montagem, que se torna automático. Na Figura 47 exemplo de um dos ciclos durante a etapa de distribuição dos painéis de fundo das vigas.

Figura 47 – Distribuição dos painéis de fundo de viga



(Fonte: Autor)

Após, são colocados os painéis laterais ajustando-os aos do fundo, fazendo-se um nivelamento prévio - a partir do nível definidos nos pilares - através de fio de nylon e cunhas de madeira encaixadas na base das escoras. Estas peças das formas são retiradas do pavimento imediatamente anterior, conforme cronograma apresentado, no segundo dia do ciclo. Importante salientar que, neste momento são colocados apenas os painéis laterais das vigas internas. Todos os painéis laterais externos das vigas de periferia são colocados somente após a concretagem dos pilares. Na Figura 48, pavimento com os painéis laterais das vigas colocados.

Figura 48 – Montagem dos painéis laterais das vigas



(Fonte: Autor)

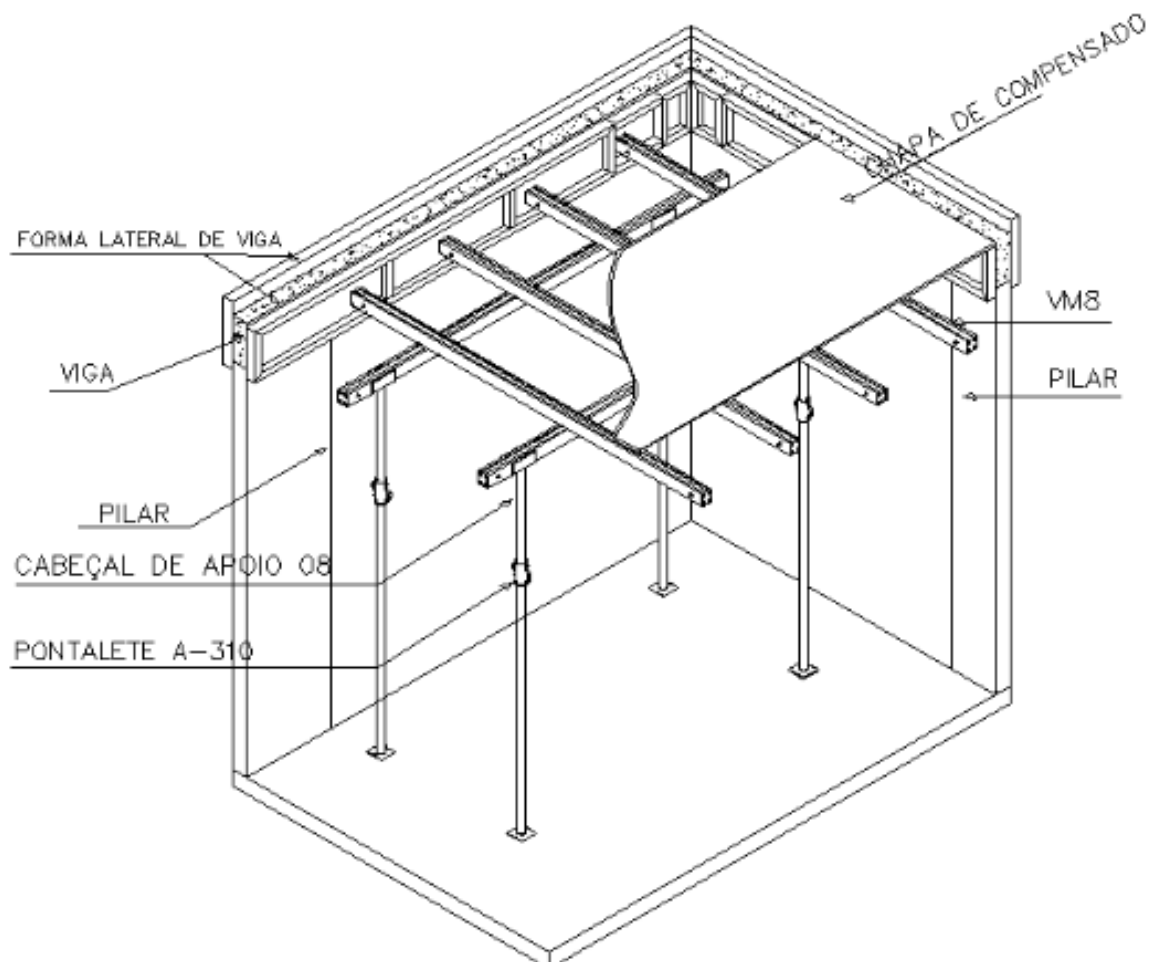
Quanto à montagem das armaduras das vigas, assim como dos pilares, o processo ocorre na central de armação localizada no térreo, seguindo o cronograma apresentado na Tabela 4. O primeiro, segundo e terceiro dia do ciclo dos armadores são ocupados, em grande parte do tempo, pela tarefa de armação das vigas. É realizada uma pré-montagem das armaduras das vigas na central, e após a colocação dessas armaduras pré-montadas nas formas é finalizada a montagem, com a colocação das barras faltantes, ditas “barras de carregamento”. Isso ocorre, pois, algumas vigas são bastante solicitadas, requerendo grande quantidade de armadura, o que dificulta o içamento pela minigrua em função do peso de todas as barras, caso fosse montada por completo.

Além disso, a armação, não só das vigas, mas de todos os componentes da estrutura, é um processo que depende fortemente do fornecedor de aço, em que o cumprimento das entregas programadas é fundamental para que não ocorram atrasos na execução. Quanto à colocação das vigas armadas nas formas, por ocorrer após a conclusão do assoalho da laje e após a concretagem dos pilares, a tarefa será abordada na sessão seguinte.

5.3.5 Montagem das lajes

Finalizada a montagem das vigas, é iniciada a montagem das formas das lajes. São posicionadas as escoras conforme projeto de escoramento, utilizando cabeçal para apoiar as vigas metálicas (VM's) que servem como apoio para as chapas de compensado do assoalho da laje, também chamadas de longarinas – as que se apoiam sobre os cabeçais - e barrotes – as que se apoiam sobre as longarinas (daí o uso do termo “barroteamento” da laje). Os tripés de base das escoras são colocados conforme indicação do projeto específico. Na Figura 49 é mostrado um esquema dos componentes das formas das lajes.

Figura 49 – Componentes da forma



(Fonte: Arquivo da Construtora)

Ao final do segundo dia do ciclo, o posicionamento das escoras e da estrutura de apoio para os painéis, ou seja, o “barroteamento”, deve estar concluído e o resultado deve ser como o apresentado na Figura 50.

Figura 50 – Posicionamento das escoras e da estrutura de apoio para os painéis da laje (barroteamento)



(Fonte: Autor)

Em seguida, no terceiro dia do ciclo, é iniciada a distribuição dos painéis das lajes, seguindo projeto de paginação. Para isso, os painéis das lajes do pavimento anterior devem ser desformados, permanecendo apenas as faixas de reescoramento. Na Figura 51 as chapas em cinza são chapas inteiras de 122cm x 244cm, medidas padrão de mercado. Já as chapas amarelas e brancas são painéis que devem ser acertados na primeira montagem, ou seja, na laje do 5º pavimento foram medidos e cortados para perfeito encaixe com as demais. As faixas em azul são as tiras de reescoramento.

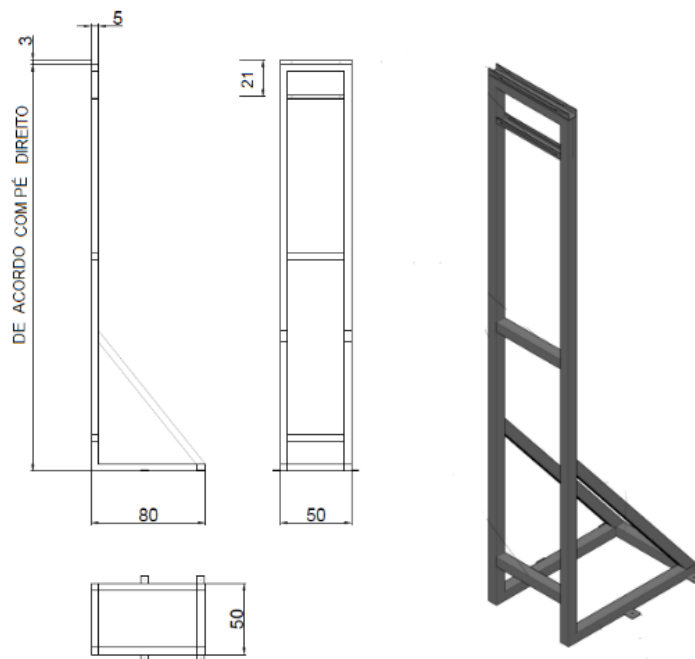
Figura 51 – Projeto de paginação da laje



(Fonte: Arquivo da Construtora)

Nesta etapa deve ser feito, por meio de “testemunho metálico” apresentado na Figura 52, o transporte dos eixos de referência para a laje que será assoalhada, utilizando os mesmos processos da etapa de marcação dos gualhos, já citado anteriormente. O assoalhamento da laje é a etapa em que são colocados lado a lado os painéis compensados e em seguida os mesmos são pregados nas vigas metálicas que sustentam as lajes, fornecendo o molde para a laje. A forma da laje é alinhada a partir dos eixos de referência.

Figura 52 – Testemunho metálico para transferência dos eixos para o pavimento a ser assoalhado



(Fonte: Arquivo da Construtora)

A construtora adota como padrão a aplicação de desmoldante na forma a cada duas utilizações. Quando do seu uso, concluído o assoalho da laje é aplicado o produto.

Durante todo esse processo de montagem das formas de vigas e lajes – executado pelos carpinteiros – os armadores trabalham na central de armação na montagem das armaduras das vigas, conforme já comentado.

A colocação dos painéis das lajes ocorre durante toda manhã – concomitante à desforma do pavimento abaixo – e parte da tarde do terceiro dia. A Figura 53 exemplificam a colocação desses painéis.

Figura 53 – Processo de assoalhamento da laje



(Fonte: Autor)

O que se espera é que, até as 14h do terceiro dia esteja concluído o assoalho para liberar a concretagem dos pilares. Nesse caso, os pilares são apurados novamente, liberando a concretagem dos mesmos. O serviço da concretagem será apresentado e desenvolvido na seção 5.3.6.

Estrategicamente, inicia-se a concretagem pelos pilares localizados na região da minigrua pois consegue-se liberar a área para iniciar o içamento das vigas pré-armadas na central (Figura 54).

Figura 54 – Içamento das vigas pré-armadas através da minigrua



(Fonte: Autor)

Nas regiões onde foi concluído o serviço de concretagem, inicia-se o posicionamento das armaduras das vigas nas formas, tarefa que requer grande esforço da mão de obra, como pode-se perceber pela Figura 55.

Figura 55 – Transporte das armaduras das vigas para a posição correta



(Fonte: Autor)

Deve-se ter muito cuidado no posicionamento para seguir todas as diretrizes de execução e também atender ao projeto executivo, tendo cuidados como não inverter os lados da viga, colocação de espaçadores e amarração e posicionamento das barras, para que todas cumpram com suas funções. Na Figura 56, algumas armaduras das vigas com posicionamento concluído.

Figura 56 – Colocação das armaduras das vigas nas formas



(Fonte: Autor)

Pelo cronograma, todas as armaduras das vigas devem ser colocadas até o final do terceiro dia, ficando, eventualmente, as “barras de carregamento” para o dia seguinte. Entretanto, nem sempre isso foi atendido. Em alguns pavimentos tipo, o primeiro período da manhã do quarto dia teve que ser utilizado pra concluir o serviço. Tal fato refletiu na diminuição do tempo de armação das lajes. Mesmo assim o cronograma final foi mantido.

Finalizada, portanto, a colocação e carregamento das armaduras das vigas, inicia-se a armação positiva da laje, no quarto dia do ciclo. Inicialmente, um dos armadores faz a marcação da posição das barras no assoalho, conforme Figura 57, seguindo orientações do projeto quanto à quantidade e ao espaçamento, nas duas direções (X e Y).

Figura 57 – Marcação da posição da armadura positiva



(Fonte: Autor)

Em seguida, é feita a distribuição das barras, seguindo a marcação, e posterior amarração das mesmas. Por fim, um dos funcionários faz a distribuição dos espaçadores, adotando o critério da empresa – 4 espaçadores, em média, por metro quadrado de forma. A armação positiva da laje consome todo o quarto dia do ciclo.

Durante o quarto dia, os carpinteiros fazem a colocação dos painéis externos das vigas de periferia – que não são colocados no primeiro momento, conforme comentado na seção anterior. Além disso, executam o cimbramento de todas as vigas, tanto internas quanto externas e fazem a limpeza do pavimento anterior que foi desformado.

No quinto dia do ciclo, é feita a armação negativa da laje, consumindo também o dia todo. Primeiramente, assim como para as barras da armadura positiva, as barras da armadura negativa são transportadas, através da minigrua, até o pavimento, e em seguida os armadores fazem a sua distribuição, conforme o projeto. Na Figura 58 estão apresentadas as barras da armadura negativa logo após içamento por meio da minigrua.

Figura 58 – Armadura negativa colocada no pavimento



(Fonte: Autor)

Além disso, os carpinteiros executam a forma da escada, com os painéis de fundo e as laterais, liberando a colocação do aço da escada por parte dos armadores. Concluída a armação, os carpinteiros fazem a colocação e o nivelamento dos degraus (Figura 59). Todas estas tarefas, ainda no quinto dia.

Figura 59 – Forma e armadura da escada



(Fonte: Autor)

Durante a armação negativa laje os carpinteiros também executam o nivelamento, alinhamento e travamento da forma no geral, com o objetivo de deixar tudo alinhado para o dia seguinte – dia da concretagem. Além disso, durante todo o processo, ocorre a marcação e colocação dos embutidos, sejam eles para as instalações elétricas, hidráulicas, de incêndio ou gás, tanto nas lajes como nas vigas. Tal assunto foi pouco abordado neste trabalho por não ser objeto de estudo.

Ao final do quinto dia, espera-se que todas as vigas estejam travadas e niveladas, as formas das lajes niveladas, fazendo-se a conferencia por cima e por baixo da forma, armaduras das vigas e lajes posicionadas, atendendo ao projeto, e embutidos concluídos. A Figura 60 apresenta um pavimento pronto para ser concretado, visto de cima.

Figura 60 – Pavimento pronto para ser concretado – vista superior



(Fonte: Autor)

Já a Figura 61 e Figura 62 mostram um pavimento concluído, porém visto de baixo.

Figura 61 – Pavimento pronto para ser concretado – vista inferior



(Fonte: Autor)

Figura 62 – Pavimento pronto para ser concretado – vista inferior



(Fonte: Autor)

5.3.6 Concretagens

A etapa da concretagem, de acordo com o que foi apresentado anteriormente, é uma etapa que se divide em: produção e transporte, recebimento, lançamento, espalhamento, adensamento, nivelamento, acabamento superficial e cura. Todas essas etapas foram executadas no empreendimento objeto estudo desse caso e serão apresentadas a seguir.

A empresa tem como padrão concretar os pilares no terceiro dia do ciclo de execução da estrutura, pela parte da tarde. Designa-se, nesse sentido, esta etapa como etapa 1 da

concretagem. A concretagem das lajes, escada e vigas, por sua vez, dita como etapa 2, se dá no sexto dia de trabalho, durante o dia todo.

Independente da etapa, 1 ou 2, a produção, o transporte e o recebimento do concreto seguem as mesmas diretrizes. A empresa contratou fornecedora do concreto para que a mesma fizesse a produção e o transporte do concreto usinado. A responsabilidade da dosagem e das qualidades esperadas para o concreto é totalmente da empresa fornecedora. Cabe à engenharia da obra fazer o recebimento do produto e verificar as informações na nota fiscal, como o traço do concreto a ser utilizado e horário de vencimento do concreto, fazer conferência do lacre do caminhão betoneira e acompanhar a realização do ensaio de abatimento – *slump test* – que é feito por empresa especializada. Se todos os critérios exigidos forem atendidos, libera-se o lançamento do concreto. Além disso, a concreteira também disponibiliza a bomba e a tubulação para levar o concreto até os pavimentos. Na Figura 63, caminhões aguardando para descarregar na bomba em frente a obra.

Figura 63 – Caminhões betoneira aguardando descarga e bomba posicionada



(Fonte: Autor)

Apesar de consumir menos homens-horas – ao se comparar com os serviços de formas e armação – é uma etapa que requer, tanto quanto para as demais etapas, organização e planejamento. Previamente, devem ser elaborados pela engenharia da obra planos de

concretagem a fim de otimizar o andamento do serviço. Exemplo disso é começar a concretagem dos pilares pela região da minigrua, assunto abordado anteriormente. Ainda, deve ser previsto o local onde será instalada a tubulação do concreto. Na medida do possível, deve ser escolhido um local que não atrapalhe a execução de outros serviços subsequentes, como alvenaria, drywall e revestimento interno, pois deve-se levar em conta que ainda terão outras concretagens após a execução dos pavimentos tipo (como a cobertura, platibanda e proteção mecânica para impermeabilização da cobertura). No caso da obra em estudo, a tubulação foi posicionada no trecho que seria a circulação, ao lado dos elevadores, onde, além de ser no centro da torre (diminuindo a quantidade de mangotes ao se comparar se fosse em um dos lados), não teria tanto volume de serviço e o único impacto posterior se daria na execução do piso em revestimento cerâmico nesse local. O local é apresentado na Figura 64.

Figura 64 – Local da tubulação do concreto



(Fonte: Autor)

Outrossim, é de suma importância o alinhamento com a concreteira para o cumprimento das datas de concretagem e principalmente o abastecimento contínuo de concreto, sem grandes intervalos entre caminhões.

Antes de iniciar o lançamento do concreto é feita a limpeza e lavagem da forma, a fim de remover impurezas. O processo é feito com a utilização de lavador à jato. Quanto ao bombeamento e lançamento do concreto, a construtora tem como padrão concretar os pilares utilizando jericas e as lajes e vigas pelo processo tradicional. Para os pilares, o descarregamento do concreto da bomba na jericca deve ser feito com o mangote na horizontal, como mostra a Figura 65, com a finalidade de evitar a segregação do concreto que ocorreria com o mangote na vertical. Ao todo, foram utilizadas quatro jericcas para atender a todos os pilares.

Figura 65 – Descarregamento do concreto na jericca



(Fonte: Autor)

Além disso, o concreto deve ser lançado numa base de madeira (fabricada na obra) colocada junto ao pilar. Ainda, concretagem deve ser feita em etapas, ou seja, lançar em camadas até o preenchimento total, respeitando a altura da agulha do vibrador de imersão que faz o adensamento. Na Figura 66, concretagem dos pilares em andamento.

Figura 66 – Lançamento do concreto em base de madeira e adensamento com vibrador



(Fonte: Autor)

Para a concretagem dos pilares, a cota de parada do concreto é garantida por um sarrafo colocado nas laterais do pilar, conforme Figura 67. O mesmo é retirado logo após o concreto iniciar o processo de “pega”. A concretagem dos pilares se finda, portanto, com o adensamento dos pilares, pois as demais etapas do serviço não se aplicam nesse caso.

Figura 67 – Cota de parada do concreto



(Fonte: Autor)

Por outro lado, para a concretagem das vigas e lajes, todas as etapas do serviço se aplicam. Inicialmente, o lançamento do concreto é dito convencional, por meio de tubulação conhecida como “mangotes” e deve ser feito de forma que permita a saída dos operários sem danificar os serviços de acabamento. Preferencialmente da periferia para as escadas do andaime fachadeiro. O espalhamento do concreto é feito com a utilização de pás e, principalmente, enxadas, com a finalidade de distribuir o concreto, preenchendo locais em que é difícil chegar com a tubulação. O concreto é distribuído de forma ordenada e gradual, permitindo o acompanhamento do funcionário que executa o adensamento (vibração), a fim de evitar falhas de concretagem na peça estrutural. Quanto ao adensamento, o processo é feito com a utilização de vibrador de imersão. Além disso, não é permitido que o concreto se acumule em pontos localizados na forma (carga pontual) para não sobrecarregar a mesma. Durante todo o processo de lançamento é feito o acompanhamento por baixo da laje, identificando deformações que possam ocorrer nas formas e cimbramento, fazendo a correção imediata, caso for necessário. Na Figura 68, está

exemplificado o lançamento do concreto com a etapa de adensamento ocorrendo logo em seguida.

Figura 68 – Lançamento e adensamento do concreto



(Fonte: Autor)

Em seguida, é realizado o nivelamento da superfície. Todas as lajes do pavimento tipo possuem espessura de 13cm, não havendo nenhum desnível entre elas. A referência de nível é fornecida pela equipe da obra e o nivelamento é executado por empresa especializada, com a utilização de nível a laser. Os carpinteiros, portanto, executam as etapas de lançamento e adensamento, o restante é de responsabilidade da empresa de polimento contratada. O nivelamento consiste na marcação dos pontos de referência de nível no concreto ainda fresco, por meio da utilização da régua de marcação do nível a laser (Figura 69).

Figura 69 – Execução dos pontos de referência



(Fonte: Autor)

Para garantir a espessura da laje, deve-se, com frequência, fazer a conferência da espessura, conforme mostra a Figura 70.

Figura 70 – Conferência da espessura da laje



(Fonte: Autor)

Durante o processo de nivelamento são marcados pontos espaçados que servirão como base para a execução das mestras. A partir das mestras, é executado o sarrafeamento (Figura 71).

Figura 71 – Execução das mestras para posterior sarrafeamento



(Fonte: Autor)

Concluído o nivelamento e identificado o início do endurecimento e solidificação do concreto, permitindo a movimentação sobre a laje concretada, é iniciado o processo de acabamento superficial. No caso do empreendimento, tem-se a chamada “laje zero”, onde, nas unidades habitacionais não é executado nenhum revestimento no piso (exceto no banheiro). Assim, o nível de acabamento das lajes exigido é alto, por isso a opção por polir todas elas. Dois discos são utilizados em toda superfície da laje, conforme Figura 72. Na Figura 73, exemplo de laje com acabamento superficial concluído.

Figura 72 – Acabamento superficial da laje



(Fonte: Autor)

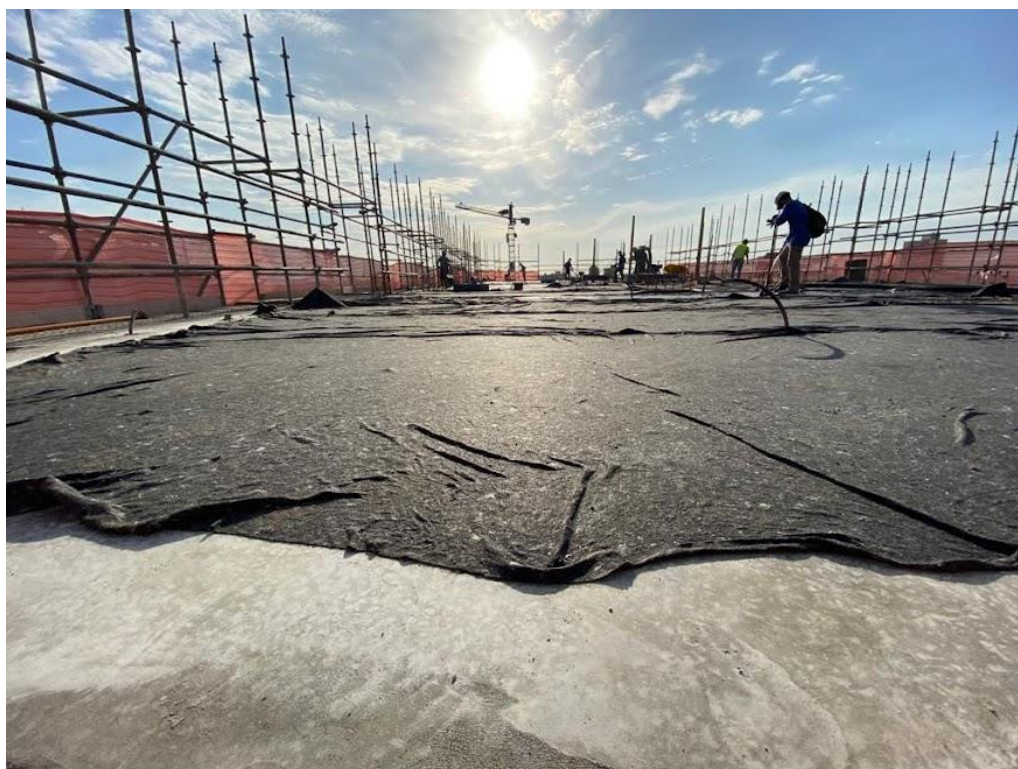
Figura 73 – Laje polida



(Fonte: Autor)

Logo após o polimento, é iniciado o processo da cura. No empreendimento, a cura se deu através da utilização de mantas de drenagem, usualmente denominadas “bidim”. As mantas foram posicionadas sobre a laje (Figura 74) e em seguida umedecidas com água em excesso e permaneceram sobre a laje até o dia seguinte

Figura 74 – Mantas de drenagem para cura da laje



(Fonte: Autor)

Pelo fato de a equipe contratada para a execução da estrutura em concreto armado realizar apenas a etapa de lançamento e adensamento, as homens-hora gastas na execução do espalhamento, nivelamento e acabamento superficial não foram computadas neste estudo. O mesmo vale para a cura, que foi executado por funcionários da própria construtora.

5.3.7 Desforma

De um modo geral, a desforma de todos os componentes é postergada ao máximo para auxiliar no processo de cura do concreto. O procedimento executivo da empresa¹ determina que, para

¹ Cadernos técnicos executivos da construtora analisada

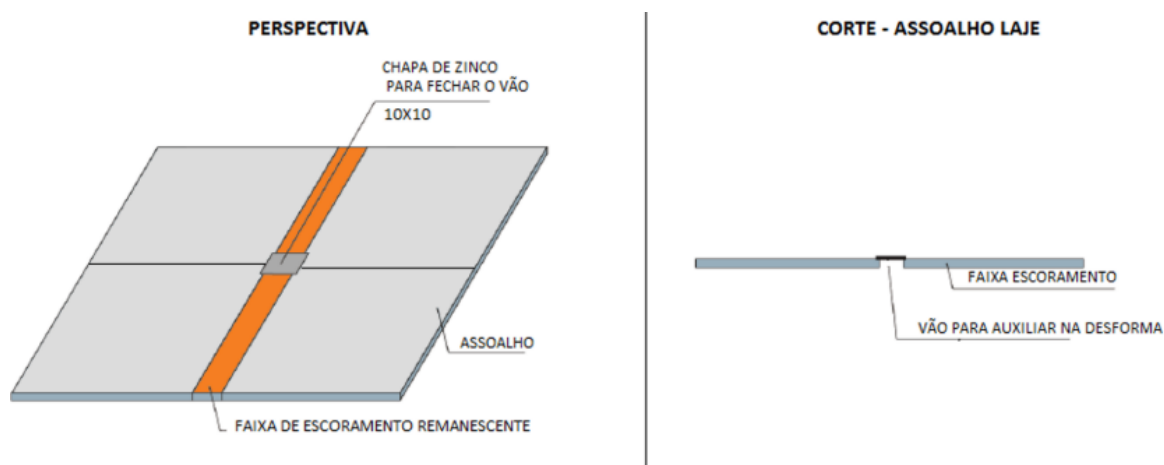
iniciar a desforma, deve ser respeitado o tempo mínimo de 60h para pilares, 36h para vigas e 44h para lajes.

Conforme apresentado anteriormente na Tabela 3, a desforma dos pilares é realizada concomitantemente ao processo de marcação dos ganchos. Esta etapa consiste na retirada, inicialmente, das mãos francesas e barras de ancoragem. Em seguida, são retiradas as vigas de travamento, liberando as grades dos pilares. Com o auxílio de cunhas ou “pé-de-cabra” são retirados os painéis.

A desforma das vigas, por sua vez, inicia ao final da montagem dos pilares do pavimento imediatamente acima. Primeiramente, são retirados os “garfos” (escoras em madeira), por meio da remoção das cunhas. Em seguida, as vigas de travamento são soltas e os painéis laterais liberados. Os painéis de fundo são mantidos com as escoras metálicas, responsáveis por garantir o reescoro por, no mínimo, 28 dias.

Por fim, a desforma da laje, que ocorre logo após a desforma dos painéis laterais das vigas. As escoras metálicas que sustentam o vigamento são soltas para liberar a carga. Então, é retirado o vigamento superior e, em sequência, o inferior. Para facilitar, é executado, nos painéis da laje – ainda na montagem da forma – recortes 5cm x 5cm ou 10cm x 10cm nas áreas de encontro entre painéis. Nesses locais são colocadas, no assoalho da laje, chapas de zinco para cobrir os vãos dos recortes. Quando da desforma, o serviço é iniciado por esses locais. A Figura 75 exemplifica o que foi citado.

Figura 75 – Método adotado para facilitar a desforma



(Fonte: Arquivo da Construtora)

Ainda para a desforma da laje, são distribuídos, ao longo do pavimento pneus, com a finalidade de amenizar o impacto dos painéis quando os mesmos forem retirados, para que as peças não sejam danificadas. A desforma da laje é a etapa que mais desorganiza e suja ambiente e por isso requer uma limpeza geral quando todo material for destinado ao pavimento de cima. Normalmente essa limpeza ocorre no quarto dia do ciclo. Por possuir projeto de produção específico para as formas, os resíduos gerados são significativamente menores. As formas ajustadas no primeiro pavimento tipo são utilizadas em todos os demais pavimentos, não sendo necessário nenhum recorte adicional (salvo se houver alguma peça danificada) e não ocorrendo sobra de elementos no pavimento. Nesse caso, a limpeza é um serviço bastante rápido.

Em suma, pode-se dizer que há dois tipos de desforma: a parcial (ou inicial) e a total. Para os pilares, existe somente a desforma total. Já para as vigas e lajes, os dois tipos. Na desforma inicial, conforme procedimento executivo da empresa, devem ser mantidos os fundos de vigas e faixas do escoramento remanescente nas lajes. Estes por sua vez só poderão ser removidos quando, após 28 dias da concretagem, atingir o resultado de resistência maior que 30 MPa, caracterizando a desforma total. Na Figura 76, pavimento com desforma parcial e na Figura 77 pavimento com desforma total.

Figura 76 – Desforma parcial



(Fonte: Autor)

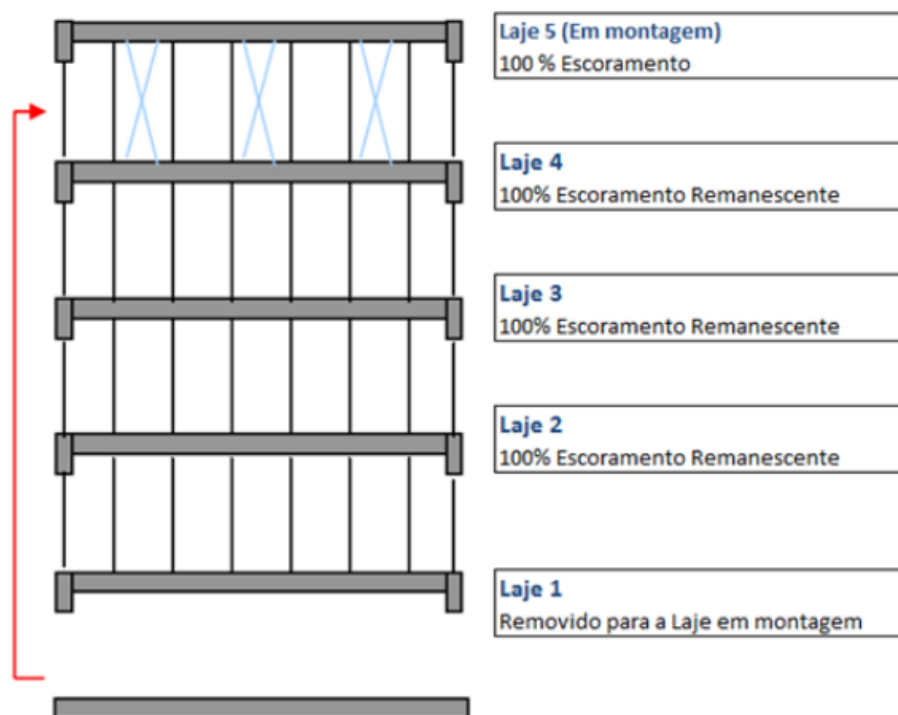
Figura 77 – Desforma total



(Fonte: Autor)

Além disso, para a remoção dos painéis de fundo e faixas de reescoro é preciso que se atenda ao requisito de haver 3 pavimentos acima em escoramento remanescente e um em execução com escoramento completo em montagem. Pelo fato da desforma parcial, devem ser previstos jogos de escoramento, faixas de reescoro das lajes e painéis de fundo de vigas em quantidade compatível ao apresentado na Figura 78.

Figura 78 – Sequência de desforma das faixas de reescoro e painéis de fundo



(Fonte: Arquivo da Construtora)

Percebe-se, portanto que são necessários, no mínimo 4 jogos de escoras, faixas de reescoro e painéis de fundo de viga para atender aos critérios estabelecidos. Tal fato era conhecido antes de iniciar a execução das formas, então os 4 jogos de faixas e painéis foram executados na mesma oportunidade da produção dos demais componentes das formas.

5.4 QUANTIDADE DE SERVIÇO

Neste tópico será apresentada a quantificação de serviços divididos entre os serviços de forma, armação e concretagem. Ou seja, metros quadrados de execução de forma, quilogramas de aço para armação e metros cúbicos de concreto utilizados para concretar todas as peças da estrutura.

5.4.1 Forma

Para os serviços de montagem e desmontagem de formas é considerada a metragem quadrada de formas. Nesse caso, é considerada a área em madeira dos moldes que efetivamente entra em contato com a superfície do concreto. Os dados são apresentados na Tabela 5.

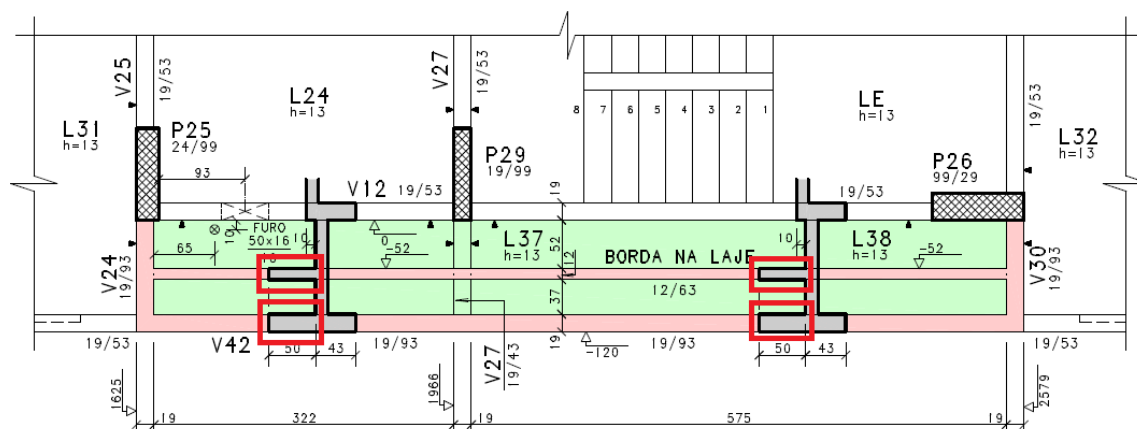
Tabela 5 – Quantitativo das formas

Pavimento	Quantidade de serviço (m ²)			
	Pilares	Lajes	Vigas	Total
5°	246,00	516,00	388,00	1150,00
6°	246,00	504,55	409,10	1159,65
7°	246,00	516,00	388,00	1150,00
8°	246,00	504,55	409,10	1159,65
9°	246,00	516,00	388,00	1150,00
10°	246,00	504,55	409,10	1159,65
11°	246,00	516,00	388,00	1150,00
12°	246,00	504,55	409,10	1159,65
13°	246,00	516,00 </td <td>388,00</td> <td>1150,00</td>	388,00	1150,00
14°	246,00	504,55	409,10	1159,65
Total (m²)	2460,00	5102,76	3985,50	11548,25

(Fonte: Autor)

Nota-se que, apesar dos pavimentos serem considerados como repetitivos, ou seja, pavimentos tipo, há uma diferença de 9,65 m² entre os pavimentos pares e os pavimentos ímpares. Tal fato acontece pois na região denominada de “floreiras” – anteriormente já citada – quando da execução dos pavimentos ímpares, foi feita a montagem somente da laje e dos painéis das vigas até o nível da laje, por isso um valor maior para a metragem das lajes. Em compensação, as partes totalmente invertidas destas vigas, conforme Figura 79, foram executadas quando da execução do pavimento par imediatamente acima, gerando aumento no quantitativo das vigas. Está sendo levado em consideração nos dados apresentados para as quantidades de área de formas tais afirmações.

Figura 79 – Detalhe das vigas invertidas da floreira



(Fonte: Arquivo da Construtora)

Novamente, embora haja diferença entre os dados, por ser um valor relativamente pequeno e por não afetar significativamente a execução, os pavimentos podem ser considerados como repetitivos.

5.4.2 Armação

Em relação ao quantitativos dos serviços de armação, a quantidade é apresentada em quilogramas de aço. Serão expostos os valores em função de cada peça da estrutura em concreto armado: lajes, vigas e pilares. Cabe ressaltar que o aço com bitola de 5mm é CA-60 e todas as demais bitolas são aço CA-50.

Primeiramente para as lajes, os valores estão apresentados na Tabela 6, em função da bitola das barras e do pavimento de aplicação.

Tabela 6 – Quantitativo de aço para as lajes

Pavimento	Bitola (mm)				Total (kg)
	6,3	8	10	12,5	
5°	1632	2277	432	25	4366
6°	1595	2237	432	25	4289
7°	1632	2277	432	25	4366
8°	1595	2237	432	25	4289
9°	1632	2277	432	25	4366
10°	1595	2237	432	25	4289
11°	1632	2277	432	25	4366
12°	1595	2237	432	25	4289
13°	1632	2277	432	25	4366
14°	1609	2237	439	25	4310
Total (kg)	16149	22570	4327	250	43296

(Fonte: Autor)

Portanto, para as lajes tem-se um total de 43.296 quilogramas de aço a serem armados, sendo 16.149 kg de aço 6,3mm, 22.570 kg de aço 8mm, 4.327 kg de aço 10mm e 250 kg de aço 12,5mm. Apesar do pavimento ser caracterizado como “tipo”, percebe-se que há uma pequena diferença na quantidade de aço entre os pavimentos. Nota-se que o 5°, o 7°, o 9°, o 11° e o 13° pavimento são iguais em termos de quantitativo. Da mesma forma o 6°, o 8°, o 10° e o 12° pavimento. Essa diferença entre os dois conjuntos se deve em função das lajes de apoio da floreira, que se repetem nos pavimentos ímpares – conforme apresentado na seção anterior.

Para as vigas, por sua vez, está indicado na Tabela 7 o quantitativo de aço em função do pavimento e da bitola.

Tabela 7 – Quantitativo de aço para as vigas

Pavimento	Bitola (mm)						Total (kg)
	6,3	8	10	12,5	16	20	
5°	661	225	207	243	740	2334	4410
6°	648	169	209	180	703	2348	4257
7°	661	225	207	243	740	2334	4410
8°	648	169	209	180	703	2348	4257
9°	685	182	194	293	804	2017	4175
10°	670	123	195	232	716	2026	3962
11°	685	182	194	293	804	2017	4175
12°	670	123	195	232	716	2026	3962
13°	685	182	194	293	804	2017	4175
14°	647	125	322	196	620	1959	3869
Total (kg)	6660	1705	2126	2385	7350	21426	41652

(Fonte: Autor)

Constata-se, a partir dos dados da tabela, que devem ser armados um total de 41.652 quilogramas de aço divididos entre bitolas de 6,3mm a 20mm. Observa-se também que as quantidades para o 5° e o 7° pavimento são iguais; 6° e 8°; 9°, 11° e 13°; 10° e 12° também apresentam os mesmos valores. Ademais, há uma diminuição no quantitativo à medida que se avançam nestes conjuntos, a diferença entre o 5° e o 7° e o 9°, 11° e o 13° (conjuntos que possuem a floreira), por exemplo, é de 235 quilogramas. Isso se deve do resultado de uma otimização do projeto, por escolha e definição do projetista estrutural. Poderia ter sido adotado um projeto específico de aço das vigas para cada pavimento, ocorrendo diferenciação nas quantidades em cada andar. Neste caso, foi opção do projetista trabalhar com conjuntos (5° e 7° iguais, por exemplo).

Em se tratando dos pilares, na Tabela 8 são expostos os quantitativos de aço em função da bitola e do pavimento.

Tabela 8 – Quantitativo de aço para os pilares

Pavimento	Bitola (mm)								Total (kg)
	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	
5°	270	17	93	291	298	697	650	222	2538
6°	299	40	63	238	522	365	251		1778
7°	346		55	309	534	248			1492
8°	352		32	371	527				1282
9°	381			501	309				1191
10°	381			504	309				1194
11°	389			574	194				1157
12°	389			574	194				1157
13°	389			574	194				1157
14°	389			574	194				1157
Total (kg)	3585	57	243	4510	3275	1310	901	222	14103

(Fonte: Autor)

Pode-se perceber que, conforme avança-se nos pavimentos, ocorre uma diminuição das quantidades de aço utilizadas, até estabilizar no 11° pavimento. Novamente, isso acontece pois há uma otimização do projeto estrutural.

Por fim, a partir dos dados das lajes, vigas e pilares são obtidos os quantitativos totais de aço para cada pavimento tipo, conforme consta na Tabela 9.

Tabela 9 – Quantitativo total de aço

Pavimento	Bitola(mm)								Total (kg)
	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	
5°	270	2310	2595	930	566	1437	2984	222	11314
6°	299	2283	2469	879	727	1068	2599	0	10324
7°	346	2293	2557	948	802	988	2334	0	10268
8°	352	2243	2438	1012	732	703	2348	0	9828
9°	381	2317	2459	1127	627	804	2017	0	9732
10°	381	2265	2360	1131	566	716	2026	0	9445
11°	389	2317	2459	1200	512	804	2017	0	9698
12°	389	2265	2360	1201	451	716	2026	0	9408
13°	389	2317	2459	1200	512	804	2017	0	9698
14°	389	2256	2362	1335	415	620	1959	0	9336
Total (kg)	3585	22866	24518	10963	5910	8660	22327	222	99051

(Fonte: Autor)

Mais uma vez, constata-se, no geral, uma diminuição nas quantidades de aço empregadas em cada pavimento à medida que se avança na execução. Apesar de existirem esforços originados

pela ação do vento e saber que os mesmos aumentam quanto maior for a altura do edifício, as cargas permanentes devido ao peso próprio da estrutura são significativamente maiores ao se comparar com as cargas geradas pelo vento. Exemplo para um pilar do edifício que recebe, conforme projeto, como carga de peso próprio 229kN enquanto devido ao vento são 30kN. Sendo assim, mesmo que as cargas resultantes do vento aumentem a cada pavimento mais alto, o peso próprio da estrutura diminui (pois menos pavimento são suportados), em proporção maior que o aumento da carga de vento, diminuindo a carga final de cada pavimento, ocasionando, por consequência, a diminuição da quantidade de armadura requerida quanto mais alto for o pavimento, conforme pode-se perceber nos dados apresentados.

Lembrando que nos pavimentos ímpares ocorre a execução da floreira, por isso uma pequena diferença se estabelece ao se comparar com o pavimento par imediatamente anterior. Exemplificando: ao se comparar o 10º pavimento e o 11º pavimento verifica-se que há aumento no quantitativo do 11º em relação ao 10º. Por fim, observa-se que entre o primeiro pavimento tipo (5º pavimento) e último (14º pavimento) há uma diminuição de 1.978 quilogramas de aço, justificado pelo mesmo motivo já apresentado: otimização do projeto em função das cargas atuantes.

5.4.3 Concretagem

Nos serviços de concretagem de estruturas em concreto armado, a quantidade de serviço é expressa em metros cúbicos de concreto. Consoante ao apresentado anteriormente, a concretagem na obra objeto de estudo ocorre em duas etapas: primeiramente para os pilares e em seguida para as lajes, vigas e escada.

Quanto aos volumes de concreto, a Tabela 10 apresenta os valores de projeto para as duas etapas de concretagem da estrutura. Para a primeira etapa – concretagem dos pilares – é calculado o volume de projeto utilizando como referência de altura o valor até o fundo da viga de nível mais baixo. Para a segunda etapa- concretagem das lajes e vigas - o volume é obtido a partir da soma destas duas peças.

Tabela 10 – Quantitativos de concreto

Pavimento	Etapa 1		Etapa 2		Total (m ³)
	Pilares (m ³)	Vigas (m ³)	Lajes (m ³)		
5°	16	33	71,1		120,1
6°	16	35,4	69,1		120,5
7°	16	33	71,1		120,1
8°	16	35,4	69,1		120,5
9°	16	33	71,1		120,1
10°	16	35,4	69,1		120,5
11°	16	33	71,1		120,1
12°	16	35,4	69,1		120,5
13°	16	33	71,1		120,1
14°	16	35,4	69,1		120,5
Total (m³)	160	342	701		1203

(Fonte: Autor)

Conforme apresentado anteriormente, há a particularidade na execução do trecho das floreiras. Consoante à execução das formas, na concretagem da segunda etapa dos pavimentos ímpares foi executado somente a laje e os fundos das vigas (até o nível da laje). Por essa razão, pode-se perceber que na Tabela 10 há maiores volumes para as lajes nos pavimentos ímpares, e maiores volumes para as vigas nos pavimentos pares. Ou seja, as partes totalmente invertidas das vigas em questão foram concretadas quando da execução do pavimento par imediatamente acima. Exemplificando: na ocasião da concretagem das lajes e vigas do 7° pavimento, a parte invertida das vigas desta região não foi concretada no mesmo dia. Essas vigas somente foram preenchidas quando da concretagem das lajes e vigas do 8° pavimento. Tal fato está sendo levado em consideração nos dados apresentados para os volumes de projeto do serviço de concretagem.

Entretanto, para utilização da quantidade de serviço, não basta o volume de projeto. Deve ser considerada a quantidade de concreto efetivamente utilizada no pavimento. Normalmente é necessária uma quantia maior que a de projeto, considerando que existem perdas no sistema – concreto que fica na tubulação e na bomba - e na execução. Em contrapartida, também podem ocorrer desvios nas quantidades entregues pela concreteira nos caminhões betoneira. Este último fato pode ser verificado através do ensaio de massa específica. A empresa adota como aceitável uma variação de até 1,5% para menos no volume de concreto (para mais não há problema desde que se mantenham os padrões do produto) e o ensaio deve ser realizado a cada quatro pavimentos ou a cada 60 dias (no caso de não atingir os quatro pavimentos). Na Figura

80 está apresentado um ensaio de massa específica realizado durante a concretagem do 10º pavimento. Observa-se que houve uma variação positiva no volume de concreto.

Figura 80 – Exemplo de relatório de ensaio de massa específica

Cód. Traço	Fck	Cimento 1	Areia 1	Areia 2	Brita 0	Brita 1	Água	Aditivo 1	Aditivo 2	Cimento 2	Areia/Umidade		
		NI	Média	Fina			Sistema Local	Sik 711	NA	Pozolana	Média	Fina	
3159864	30,0	3560,70	6183,40	2701,10	2203,40	7284,10	1130,00	28,80	-			5,0%	5,0%

Materiais Secos													
Cód. Traço	Fck	Cimento	Areia 1	Areia 2	Brita 0	Brita 1	Água	Aditivo 1	Aditivo 2	Cimento 2	Areia/Umidade		
		CP II F-40 Votoran	Média	Fina			Sistema Local	Sik 711	NA	Pozolana	Média	Fina	
3159864	30,0	3560,70	5888,95	2572,48	2203,40	7284,10	1130,00	28,80	-	0,00		0,0%	0,0%

Proporção dos Materiais				
Traço Padrão		Dosado em Usina		Diferença
Cimento	1,000	Cimento	1,000	0,02%
Areia Fina	0,708	Areia Fina	0,722	2,06%
Areia Média	1,652	Areia Média	1,654	0,13%
Brita 0	0,626	Brita 0	0,619	-1,21%
Brita 1	2,10	Brita 1	2,05	-2,64%
Água	0,520	Água	0,478	-7,96%
Aditivo 1	0,787%	Aditivo 1	0,809%	2,84%
Aditivo 2	-	Aditivo 2	-	-
Pozolana	-	Pozolana	-	-

Total de Água adicionada (Lts)	
Areia Fina	128,62
Areia Média	294,45
Usina	1130,00
Limpeza	150,00
Adic. Obra	0,00
-	-
-	-
-	-
Total:	1703,07

Massa do Concreto (kg)	23241,50
Massa Específica do Concreto Fresco	2,269
Volume de Concreto (m³)	10,24
Varição de Volume	2,43%

Fator A/C	0,48
-----------	------

(Fonte: Arquivo da Construtora)

Nessa perspectiva, apresenta-se, na Tabela 11, os volumes reais utilizados nas concretagens. Estes dados servirão de base para o quantitativo desse serviço.

Tabela 11 – Volumes reais utilizados no serviço de concretagem

Pavimento	Etapa 1 Pilares	Etapa 2 Vigas e lajes	Total (m³)
5º	16,5	105,5	122
6º	16,5	105,5	122
7º	17	105,5	122,5
8º	16,5	105	121,5
9º	16,5	104,5	121
10º	16,5	104,5	121
11º	16,5	104,5	121
12º	16,5	104	120,5
13º	16,5	104	120,5
14º	16,5	104	120,5
Total (m³)	165,5	1047	1212,5

(Fonte: Autor)

Observa-se nos resultados da tabela que, com exceção do sétimo pavimento, foram utilizados 16,5 metros cúbicos de concreto para a concretagem dos pilares, quando o projeto prevê um

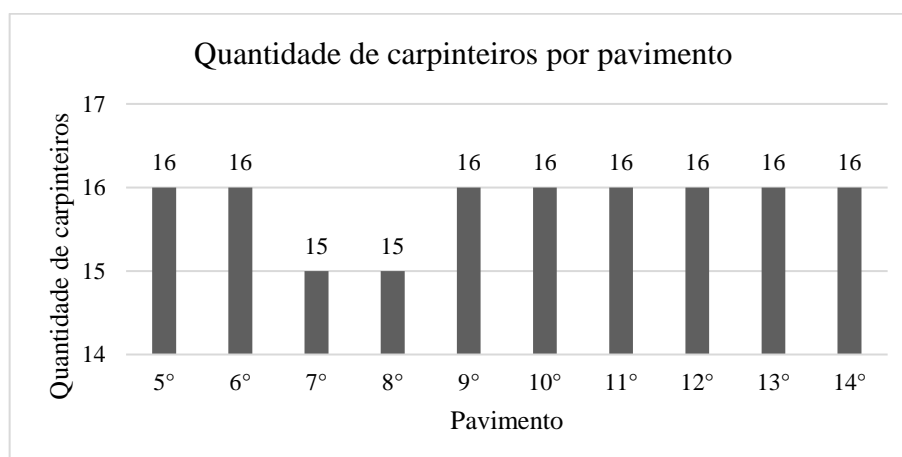
volume de 16 metros cúbicos. Para a segunda etapa da concretagem, nota-se uma diminuição à medida que foram executados os pavimentos. Ao se comparar os volumes de projeto com os volumes utilizados, constata-se no 12º, 13º e 14º pavimento um volume utilizado menor ou igual ao volume de projeto. Esta diferença pode ser explicada principalmente pela possível variação de volume nos caminhões, considerando que é uma concretagem com volume considerável, onde são requeridos vários caminhões, e na soma das variações tal fato pode ser justificado.

5.5 EQUIPE DISPONÍVEL E HOMENS-HORA

Para cada dia de trabalho na obra, foram registradas as quantidades de funcionários executando determinado serviço e o tempo total despendido nas respectivas tarefas. Os dados foram organizados por pavimento e por dia de produção e estão apresentados detalhadamente: no APÊNDICE A, no APÊNDICE B e no APÊNDICE C. Neste tópico, será apresentado um resumo das quantidades de funcionários em função da média e também as homens-hora empregadas em cada tarefa. A quantidade de homens-hora é calculada a partir do total de horas trabalhadas por dia multiplicada pela quantidade de funcionários executando o serviço no respectivo dia e os resultados também se encontram nos Anexos citados.

Nesse sentido, para o serviço de montagem e desmontagem de formas ao longo dos ciclos dos pavimentos está apresentada no Gráfico 1 a média de funcionários por pavimento.

Gráfico 1 – Média da quantidade de carpinteiros por pavimento

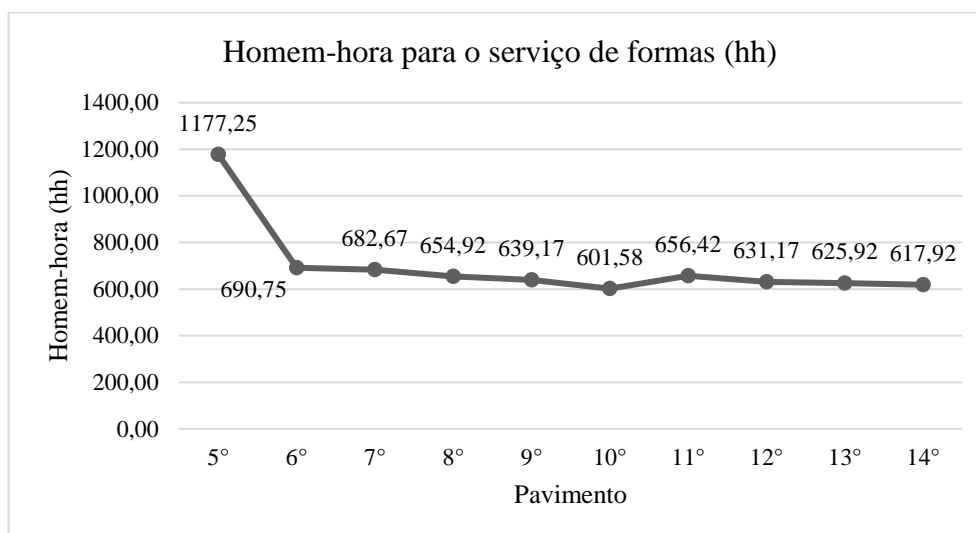


(Fonte: Autor)

Pode-se perceber que, com exceção do sétimo e do oitavo pavimento, manteve-se a média em 16 carpinteiros por dia de trabalho nos serviços de montagem e desmontagem das formas.

Quanto ao tempo para executar as formas dos pavimentos, consta no Gráfico 2 a quantidade de homem-hora empregada neste serviço.

Gráfico 2 – Homem-hora para o serviço de formas

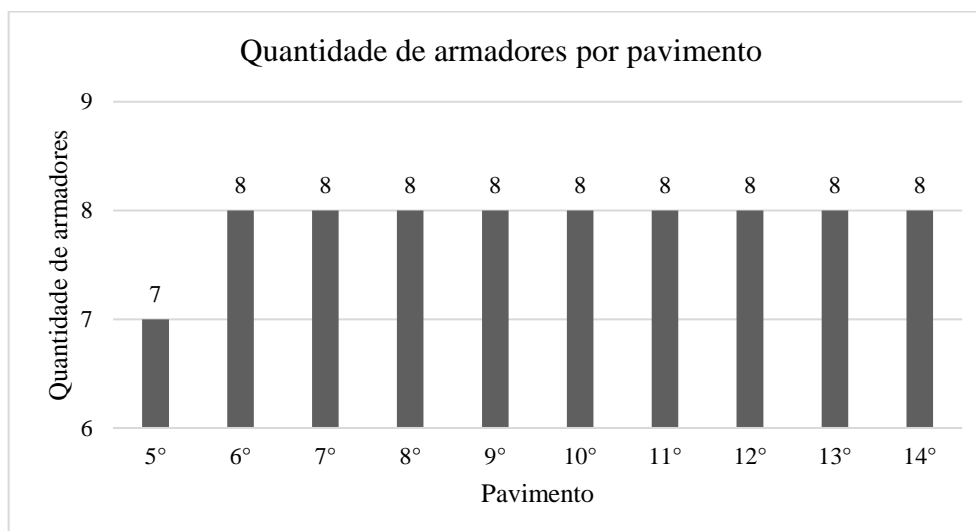


(Fonte: Autor)

Verifica-se que para o primeiro pavimento é requerido uma maior quantidade de homens-hora para executar o serviço ao se comparar com os demais pavimentos – que se mantém dentro de uma faixa entre 600hh e 700hh. Considerando que a quantidade de serviço é aproximadamente igual em todos os pavimentos, tal fato pode ser explicado pelo efeito aprendizagem já mencionado anteriormente e que será desenvolvido e analisado novamente no tópico 6.4.

Já para os serviços de armação das peças estruturais de um pavimento, a média de funcionários está exposta no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Média da quantidade de armadores por pavimento

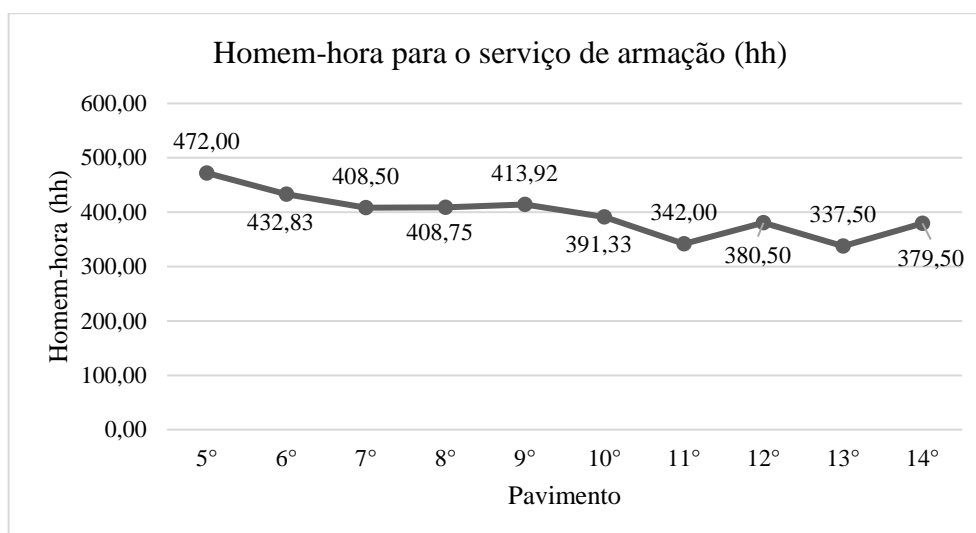


(Fonte: Autor)

Com exceção do primeiro pavimento tipo (quinto andar), para os serviços de armação de pilares, vigas e lajes dos pavimentos foram empregados 8 armadores.

Em relação ao quantitativo de homem-hora, os dados são expostos no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Homem-hora para o serviço de armação



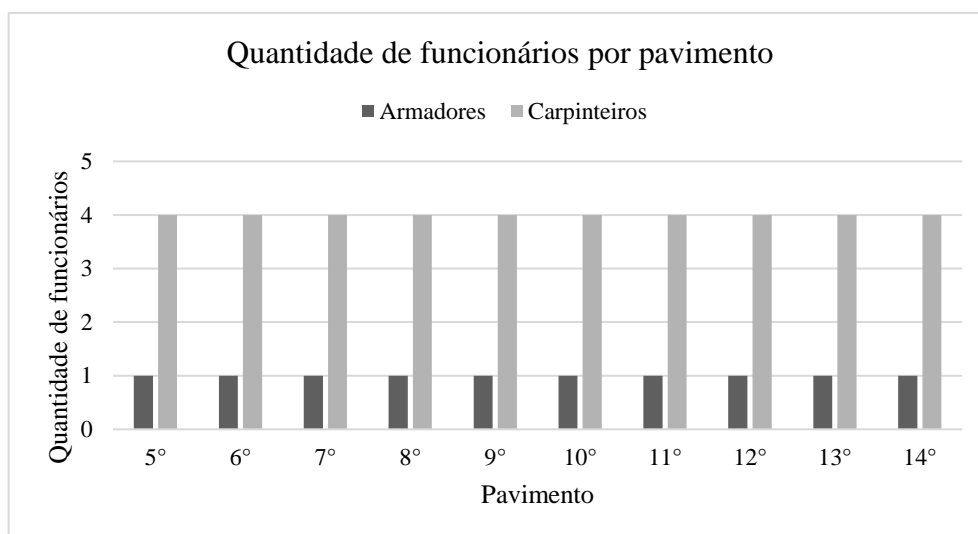
(Fonte: Autor)

É observado que, ao contrário do que acontece para o serviço das formas, não ocorre uma diminuição tão significativa nos valores. Apesar de haver 130hh entre o maior e o menor valor,

há uma variação significativa na quantidade de serviço ao longo dos pavimentos, conforme apresentado no tópico 5.4.2. Por isso, não se pode afirmar, em um primeiro momento, que ocorre um efeito aprendizagem sem antes ser feita uma análise das homens-hora empregadas em função da quantidade de serviço – que é o conceito de produtividade, a ser avaliado no tópico 6.2.

Por fim, para o serviço de concretagem, os dados constam no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Média da quantidade de funcionários para os serviços de concretagem

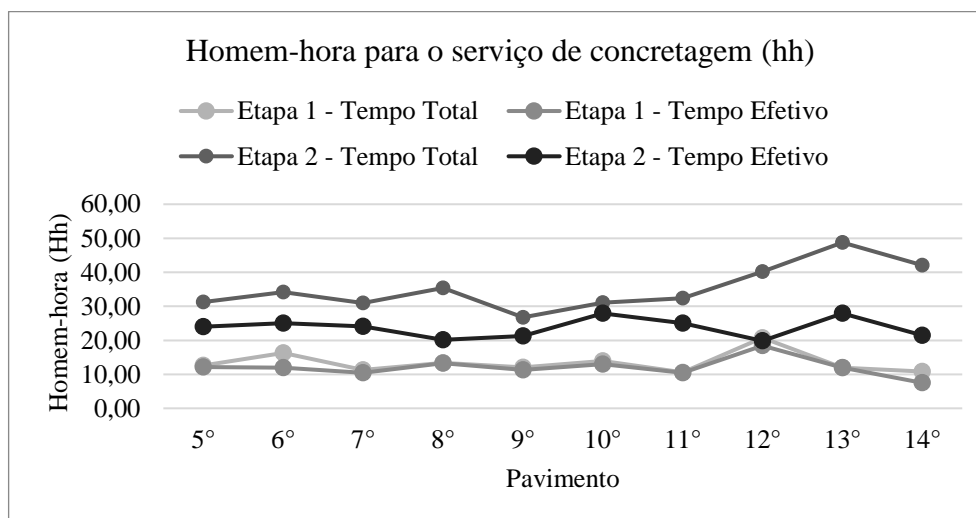


(Fonte: Autor)

Nota-se que a quantidade média, tanto de armadores quanto de carpinteiros, manteve-se constante ao longo de todos os pavimentos. Estes dados são válidos para a concretagem dos pilares assim como para a concretagem das vigas e lajes. A equipe de trabalho permaneceu sempre igual.

Para as homens-hora no serviço de concretagem, é possível fazer a análise sob duas perspectivas de tempo: o tempo total requerido para a concretagem ou o tempo empregado somente no lançamento e adensamento do concreto (tempo efetivo), descontando pausas por falta de concreto. O Gráfico 6 mostra os resultados para ambas as etapas, tanto para o tempo total quanto para o tempo efetivo.

Gráfico 6 – Homem-hora para o serviço de concretagem



(Fonte: Autor)

No que tange às diferenças entre tempo efetivo e tempo total, na Tabela 12 está exposto o tempo em que os operários ficaram ociosos durante a concretagem, fatos também observados pelas diferenças no gráfico anterior.

Tabela 12 – Tempo ocioso no serviço de concretagem

Pavimento	Etapa 1 (h)	Etapa 2 (h)
5°	00:05	01:27
6°	00:51	01:50
7°	00:10	01:23
8°	00:01	03:03
9°	00:10	01:06
10°	00:11	00:38
11°	00:02	01:28
12°	00:28	04:04
13°	00:00	04:10
14°	00:40	04:08
Total (h)	02:38	23:17

(Fonte: Autor)

Percebe-se que, principalmente na etapa 2, há um problema com relação ao fornecimento do concreto por parte da empresa contratada. Há, em média, aproximadamente 2,4 horas por pavimento em que os trabalhadores ficam inativos durante a execução deste serviço, o que certamente gera custos para a empresa e impacta negativamente na produtividade da execução da estrutura em concreto armado.

6 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo serão apresentadas, primeiramente, as composições do Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e, em seguida, os resultados do estudo de caso. A partir dos dados das composições do SINAPI, será feita a comparação com os resultados obtidos na obra objeto deste estudo. Por fim, será analisado, a partir dos resultados do estudo, se existe ou não o efeito aprendizagem.

6.1 COMPOSIÇÕES DO SINAPI

Nas diversas composições do SINAPI são apresentados índices e custos para inúmeros insumos utilizados na construção civil, sejam eles para materiais ou para mão de obra. Como o objetivo deste trabalho envolve avaliar a produtividade de mão de obra, serão analisados somente aqueles insumos referentes à serviço, ou seja, à mão de obra para executar determinada tarefa. Todas as composições adotadas para este trabalho constam no ANEXO C.

6.1.1 Formas

A composição para os pilares, de acordo com as especificações deste estudo de caso, é a composição número 92431 do Sistema. Nesta composição “Montagem e desmontagem de forma de pilares retangulares e estruturas similares, pé-direito simples, em chapa de madeira compensada plastificada, 10 utilizações”, apresentada detalhadamente no ANEXO C, encontram-se os insumos – sejam eles de materiais ou de mão de obra – para a execução de 1 m² de montagem e desmontagem de forma.

Conforme explicitado, para este trabalho serão analisados os dados de mão de obra. Nesse sentido, pode-se considerar, a partir dos resultados, que são necessárias 0,121 homem-hora do serviço de ajudante de carpinteiro e 0,661 homem-hora do serviço de carpinteiro para executar 1m² de forma e desforma dos pilares.

Ainda nesse âmbito, para a montagem e desmontagem das formas das vigas, foi considerada a composição número 92467 do Sistema, denominada “Montagem e desmontagem de forma de

viga, escoramento com garfo de madeira, pé-direito simples, em chapa de madeira plastificada, 10 utilizações”. Composição esta que também se encontra no ANEXO C. Portanto, para montagem e desmontagem de forma das vigas, é necessário 0,150 homem-hora do serviço de ajudante de carpinteiro e 0,817 homem-hora do serviço de carpinteiro para 1m² de forma.

Para as lajes, por sua vez, foi adotada a composição número 92526 do Sistema. Conforme as tabelas do SINAPI, apresentadas no ANEXO C, nesta composição, nomeada “Montagem e desmontagem de forma de laje maciça, pé-direito simples, em chapa de madeira compensada plastificada, 10 utilizações”, para executar 1m² de forma de laje são necessárias 0,074 homem-hora para ajudante de carpinteiro e 0,403 homem-hora para carpinteiro.

Para a execução de montagem e desmontagem das formas de todos os componentes da estrutura, na Tabela 13 está apresentado o resumo dos dados encontrados nas tabelas do SINAPI.

Tabela 13 – Composições SINAPI para serviços de forma e desforma

	Ajudante de carpinteiro (hh/m²)	Carpinteiro (hh/m²)	Total (hh/m²)
Pilares	0,121	0,661	0,782
Vigas	0,150	0,817	0,967
Lajes	0,074	0,403	0,477

(Fonte: Autor)

Nesse caso, serão adotados os valores totais pois entende-se que, para executar 1m² de forma são necessárias as horas de trabalho tanto do ajudante quanto do carpinteiro. Determinam-se, portanto, os valores de produtividade estabelecidos pelas composições do SINAPI para cada ciclo completo, ou seja, para cada pavimento da obra deste estudo, a partir de uma ponderação das Razões Unitárias de Produção (valores da coluna “Total” da Tabela 13) em função das áreas de forma (ou seja, a quantidade de serviço apresentada em 5.4.1) de cada peça estrutural (pilar, viga ou laje). Os dados estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Produtividade para o serviço de formas a partir dos dados do SINAPI

Pavimento	Quantidade de serviço (m ²)				RUP SINAPI (hh/m ²)			RUP final (hh/m ²)
	Pilares	Lajes	Vigas	Total	Pilares	Lajes	Vigas	
5°	246,00	516,00	388,00	1150,00				0,7076
6°	246,00	504,55	409,10	1159,65				0,7146
7°	246,00	516,00	388,00	1150,00				0,7076
8°	246,00	504,55	409,10	1159,65				0,7146
9°	246,00	516,00	388,00	1150,00	0,782	0,477	0,967	0,7076
10°	246,00	504,55	409,10	1159,65				0,7146
11°	246,00	516,00	388,00	1150,00				0,7076
12°	246,00	504,55	409,10	1159,65				0,7146
13°	246,00	516,00	388,00	1150,00				0,7076
14°	246,00	504,55	409,10	1159,65				0,7146

(Fonte: Autor)

6.1.2 Armação

Quanto aos serviços de armação, o SINAPI apresenta as composições em função da bitola do aço. No empreendimento em questão, tem-se várias bitolas, desde 5mm até 25mm. Por isso, serão consideradas várias composições do índice.

Dessa forma, no ANEXO C são apresentados os valores de homem-hora para a execução de 1kg de armação, e também os materiais necessários para a produção. Conforme já comentado, é relevante para este estudo apenas os dados de mão de obra. Nesse sentido, um resumo das composições consideradas bem como os valores das Razões Unitária de Produção em função da bitola do aço e da peça a ser executada estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Composições SINAPI para serviços de armação

Composição	Peça estrutural	Aço	Bitola (mm)	RUP (hh/kg)				
				Ajudante	Armador	Total		
92759	Pilar ou Viga	CA-60	5	0,0203	0,1241	0,1444		
92760			6,3	0,0155	0,0947	0,1102		
92761		CA-50	8	0,0115	0,0707	0,0822		
92762			10	0,0086	0,0529	0,0615		
92763			12,5	0,0063	0,0386	0,0449		
92764			16	0,0043	0,0261	0,0304		
92765			20	0,0028	0,0172	0,0200		
92766			25	0,0016	0,0101	0,0117		
92769			Laje	CA-50	6,3	0,0105	0,0646	0,0751
92770					8	0,0078	0,0475	0,0553
92771	10	0,0057			0,0348	0,0405		
92772	12,5	0,0040			0,0247	0,0287		

(Fonte: Autor)

Da mesma forma que para o serviço de formas, o valor da RUP considerado é a soma das homens-hora do ajudante e do armador. A partir da quantidade de serviço dos armadores, apresentada na seção 5.4.2 foram calculadas as Razões Unitárias de Produção, visto que os valores, tanto para o ajudante quanto para o armador, variam em função da bitola do aço e da peça de estrutura a ser armada. Estes cálculos estão apresentados no APÊNDICE D e foram resumidos na Tabela 16.

Tabela 16 – Produtividade para o serviço de armação a partir dos dados do SINAPI

Pavimento	RUP final (hh/kg)
5°	0,0502
6°	0,0526
7°	0,0541
8°	0,0546
9°	0,0562
10°	0,0561
11°	0,0564
12°	0,0564
13°	0,0564
14°	0,0569

(Fonte: Autor)

6.1.3 Concretagem

Para os serviços de concretagem em estruturas de concreto, conforme comentado anteriormente, o SINAPI considera resistência de 25MPa para a concretagem dos pilares e 20 MPa para concretagem de vigas e laje. No empreendimento objeto de estudo de caso todas as resistências são de 30MPa. Mesmo assim, será feita a análise das composições existentes no Caderno Técnico, visto que se entende que não há impacto do valor da resistência do concreto na produtividade do serviço da concretagem.

Nesse aspecto, para o serviço de concretagem dos pilares, analisando as composições do SINAPI, não existe composição totalmente compatível com a realidade da obra. No caso do empreendimento em questão, e conforme apresentado na seção 5.3.6 o concreto é bombeado até o pavimento a ser concretado e o lançamento nos pilares é feito através de jericas. Por esse motivo, será considerada a composição 92719, denominada “Concretagem de pilares, fck = 25 MPa, com uso de grua em edificação com seção média de pilares menor ou igual a 0,25 m²”, composição apresentada no ANEXO C. Justifica-se essa escolha pelo fato do lançamento por grua se aproximar mais da realidade executiva do canteiro, pois é uma associação de lançamento por bombeamento e posterior descarga com outro equipamento. Ademais, a seção média dos pilares é de 0,2471 m².

Em contrapartida, para a concretagem das vigas e lajes foi possível encontrar uma composição mais próxima dos serviços realizados. A composição que se enquadra é denominada “Concretagem de vigas e lajes, fck=20 MPa, para lajes maciças ou nervuradas com uso de bomba em edificação com área média de lajes maior que 20 m² - lançamento, adensamento e acabamento”, número 92726 e está apresentada detalhadamente no ANEXO C.

Na descrição das composições do caderno, nas observações apontadas, é considerado que o carpinteiro somente verifica a integridade das formas. Apesar que na obra objeto de estudo a concretagem é feita exclusivamente por carpinteiros, para fins de comparação com o SINAPI, além dos resultados para a função carpinteiro, será considerado também a função de pedreiro e de servente na soma das produtividades, pois entende-se que, na perspectiva de análise das composições, são necessários os três serviços para realização de 1m³ de concretagem. Na Tabela 17 está apresentado o resumo dos dados.

Tabela 17 – Composições SINAPI para serviços de concretagem

	Carpinteiro	Pedreiro	Servente	Total
	(hh/m³)	(hh/m³)	(hh/m³)	(hh/m³)
Pilares	0,3530	0,3530	1,0590	1,7650
Vigas e lajes	0,0850	0,5120	0,5860	1,1830

(Fonte: Autor)

Na Tabela 18, os resultados de produtividade considerando as quantidades de serviço da obra em estudo. Para a combinação das etapas 1 e 2 foi feita a ponderação pelas quantidades de serviço.

Tabela 18 – Produtividade para o serviço de concretagem a partir dos dados do SINAPI

Pavimento	Etapa 1		Etapa 2		Etapa 1 + Etapa 2	
	Quantidade de serviço (m³)	RUP (hh/m³)	Quantidade de serviço (m³)	RUP (hh/m³)	Quantidade de serviço (m³)	RUP (hh/m³)
5°	16,50	1,765	105,50	1,183	122,00	1,2617
6°	16,50	1,765	105,50	1,183	122,00	1,2617
7°	17,00	1,765	105,50	1,183	122,50	1,2638
8°	16,50	1,765	105,00	1,183	121,50	1,2620
9°	16,50	1,765	104,50	1,183	121,00	1,2624
10°	16,50	1,765	104,50	1,183	121,00	1,2624
11°	16,50	1,765	104,50	1,183	121,00	1,2624
12°	16,50	1,765	104,00	1,183	120,50	1,2627
13°	16,50	1,765	104,00	1,183	120,50	1,2627
14°	16,50	1,765	104,00	1,183	120,50	1,2627

(Fonte: Autor)

6.2 RESULTADOS DO ESTUDO NO EMPREENDIMENTO

Todos os dados coletados durante o período de estudo estão apresentados no APÊNDICE A, APÊNDICE B e APÊNDICE C e serviram como base para gerar os indicadores de produtividade apresentados nesta seção. Estes indicadores foram obtidos através da Razão Unitária de Produção (RUP), onde os valores de Homem-hora (apresentados na seção 5.5) foram divididos pelos valores das Quantidades de serviços (seção 5.4). Além disso, é apresentado o valor de Homem-hora médio e RUP média à medida que se sucede a execução dos pavimentos, a fim de verificar de que forma varia a média dos indicadores.

Foi desenvolvido também um Fator Redutor (FR) para todas as atividades e também para a análise do ciclo completo, a estrutura global. Tal fator permite analisar, de uma forma mais clara, o percentual de redução na quantidade de homem-hora empregadas à medida que se avança na execução dos pavimentos. Leva-se como base de fator unitário o primeiro pavimento tipo e a partir dele é feita a comparação com os demais.

Outrossim, a RUP é avaliada de diferentes formas, obtendo os resultados da RUP cumulativa, da RUP cíclica e da RUP potencial, determinando, por fim, a perda percentual de produtividade de mão de obra dos serviços. Conforme citado anteriormente, a RUP cíclica é a produtividade obtida em cada pavimento, a RUP cumulativa é a produtividade de todos os dias de trabalho, do primeiro ao último dia da execução da estrutura e a RUP potencial é caracterizada pela mediana dos valores da RUP cíclica que são menores que a RUP cumulativa e representa um valor ideal a ser alcançado. Por fim, a perda de mão de obra é apresentada em porcentagem e é determinada pela diferença entre a RUP cumulativa e a RUP potencial, sendo este valor dividido pela RUP potencial.

6.2.1 Formas

Inicialmente, para o serviço de execução das formas, os resultados são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 – Produtividade para o serviço de formas

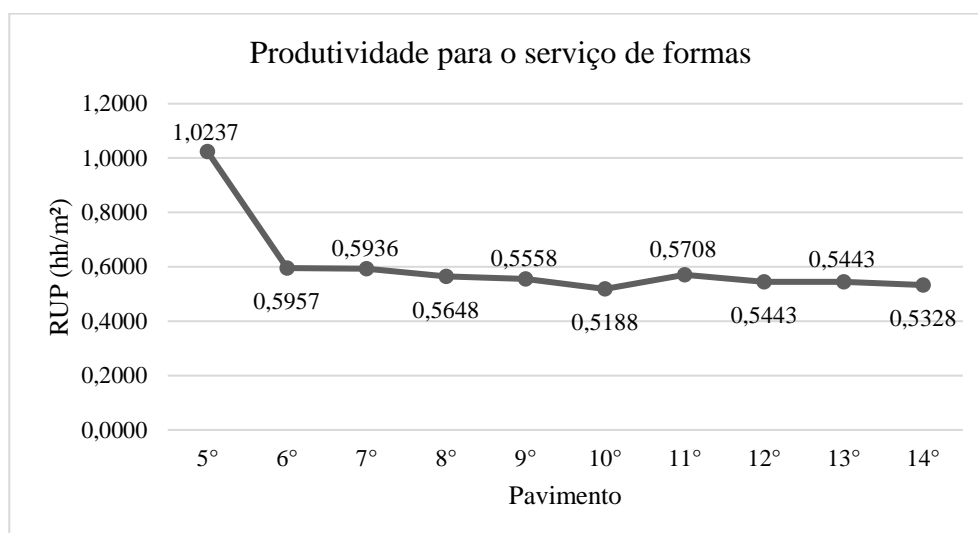
Pavimento	Homem-hora (hh)	Homem-hora médio (hh)	Quantidade de serviço (m²)	RUPcicl (hh/m²)	RUPcicl média (hh/m²)	Fator redutor (FR)
5°	1177,25	1177,25	1150,00	1,0237	1,0237	1
6°	690,75	934,00	1159,65	0,5957	0,8097	0,59
7°	682,67	850,22	1150,00	0,5936	0,7377	0,58
8°	654,92	801,40	1159,65	0,5648	0,6944	0,56
9°	639,17	768,95	1150,00	0,5558	0,6667	0,54
10°	601,58	741,06	1159,65	0,5188	0,6420	0,51
11°	656,42	728,96	1150,00	0,5708	0,6319	0,56
12°	631,17	716,74	1159,65	0,5443	0,6209	0,54
13°	625,92	706,65	1150,00	0,5443	0,6124	0,53
14°	617,92	697,78	1159,65	0,5328	0,6044	0,52

(Fonte: Autor)

Nota-se que a quantidade de homens-hora empregadas na execução decresce até o 10º pavimento (onde obtém-se o menor valor), aumentando no 11º pavimento e decrescendo novamente até o último pavimento tipo. Tais considerações podem ser observadas na última coluna da Tabela 19 através dos resultados do Fator Redutor. Ainda, a média de homens-hora gastas na execução das formas de um pavimento tipo da estrutura em concreto armado é de 697,78hh.

Além disso, no Gráfico 7 apresenta-se os resultados da RUP de cada pavimento (que constam também na quinta coluna da Tabela 19), ou seja, dos valores de produtividades obtidos ao longo da execução.

Gráfico 7 – Produtividade para o serviço de formas



(Fonte: Autor)

Observa-se que, no primeiro pavimento tipo a produtividade é significativamente menor ao se comparar com os demais pavimentos. É comum que isso aconteça, pelo fato de ser o primeiro pavimento a ser executado, ser necessário ajustes nas formas e também por ocorrer a familiarização dos operários com o projeto e com a execução. Nos demais pavimentos, há uma linearidade nos resultados, onde a diferença do maior e do menor valor de produtividade é de apenas 0,0769 hh/m², valor consideravelmente baixo.

Observa-se, também, que a média da produtividade para a execução das formas para um pavimento tipo da estrutura é de 0,6044 hh/m² de forma. Ao analisar os resultados da RUP cíclica de cada pavimento, constata-se que a média é afetada negativamente pelo resultado do

primeiro pavimento tipo, visto que o valor é significativamente maior que o resultado de todos os demais pavimentos da torre.

Quanto às possibilidades de avaliação da RUP, a Tabela 20 apresenta a análise sob a perspectiva da RUP cíclica, da RUP cumulativa e da RUP potencial.

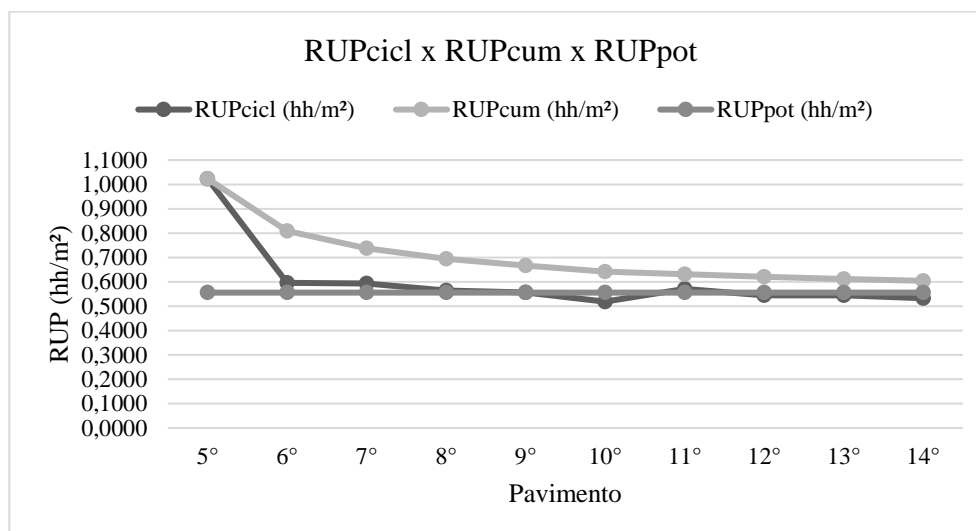
Tabela 20 – Diferentes avaliações da RUP para o serviço das formas

Pavimento	Homem-hora (hh)	Quantidade de serviço (m ²)	RUPcicl (hh/m ²)	RUPcum (hh/m ²)	RUPpot (hh/m ²)
5°	1177,25	1150	1,0237	1,0237	
6°	690,75	1159,65	0,5957	0,8088	
7°	682,67	1150	0,5936	0,7373	
8°	654,92	1159,65	0,5648	0,6940	
9°	639,17	1150	0,5558	0,6664	0,5558
10°	601,58	1159,65	0,5188	0,6417	
11°	656,42	1150	0,5708	0,6316	
12°	631,17	1159,65	0,5443	0,6206	
13°	625,92	1150	0,5443	0,6122	
14°	617,92	1159,65	0,5328	0,6042	

(Fonte: Autor)

Na Tabela 20, a RUP cíclica é a mesma já discutida na Tabela 19. Na coluna da RUP cumulativa é apresentado como esse indicador varia ao longo dos pavimentos e é caracterizada pelo valor final de 0,6042 hh/m², representando a produtividade total, considerando desde o primeiro dia de serviço ao último dia. Para a determinação da RUP potencial, é necessário calcular a mediana de todos os valores de RUP cíclica que possuem valores menores que a RUP cumulativa. Todos os valores do 6° ao 14° pavimento são menores que 0,6042 hh/m² (valor da RUP cumulativa). Sendo assim, a mediana é calculada a partir deles e o valor obtido é de 0,5538 hh/m². Este é o valor potencial de produtividade e que pode ser usado pela empresa como meta e também como base para estudos futuros. A diferença entre a RUP cumulativa e a RUP potencial representa um afastamento da situação real da situação ideal, avaliada sob a perspectiva de todos os pavimentos. No Gráfico 8, estão apresentadas as três possibilidades de RUP.

Gráfico 8 – Comparação entre RUP para o serviço de formas



(Fonte: Autor)

Além disso, o percentual de perda de mão de obra obtido para o serviço de formas é de 8,71%, calculado conforme a Equação 2. Fazendo-se a mesma análise, porém desconsiderando o 5º pavimento, chega-se a um valor da RUP cumulativa de 0,5578 hh/m², RUP potencial de 0,5443 hh/m² e percentual de perda de mão de obra de 2,49%. Mais uma vez, percebe-se a representatividade do impacto do primeiro pavimento nos indicadores de produtividade.

6.2.2 Armação

Para o serviço de armação, por sua vez, os dados constam na Tabela 21.

Tabela 21 – Produtividade para o serviço de armação

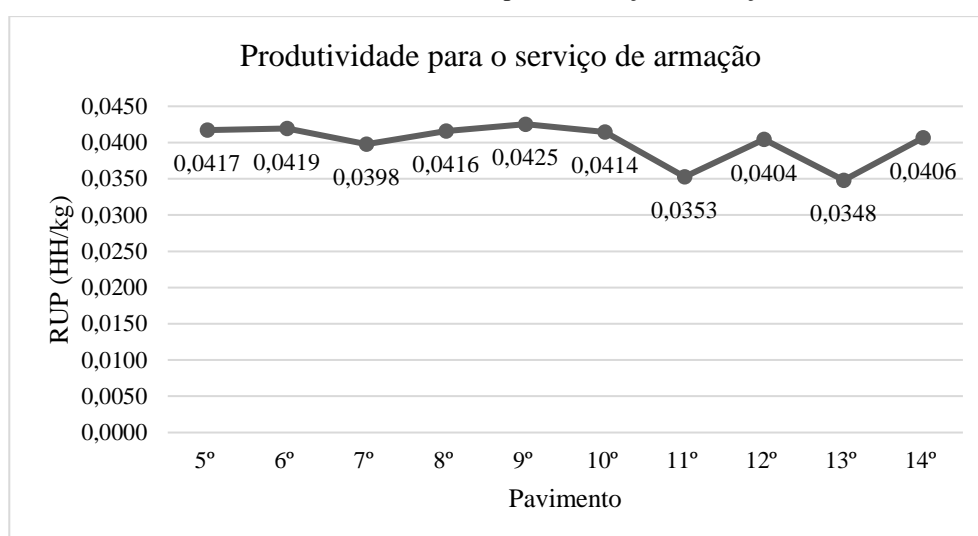
Pavimento	Homem-hora (hh)	Homem-hora médio (hh)	Quantidade de serviço (kg)	RUPcycl (hh/kg)	RUPcum média (hh/kg)	Fator redutor (FR)
5º	472,00	472,00	11314	0,0417	0,0417	1
6º	432,83	452,42	10324	0,0419	0,0418	0,92
7º	408,50	437,78	10268	0,0398	0,0411	0,87
8º	408,75	430,52	9828	0,0416	0,0413	0,87
9º	413,92	427,20	9732	0,0425	0,0415	0,88
10º	391,33	421,22	9445	0,0414	0,0415	0,83
11º	342,00	409,90	9698	0,0353	0,0406	0,72
12º	380,50	406,23	9408	0,0404	0,0406	0,81
13º	337,50	398,59	9698	0,0348	0,0399	0,72
14º	379,50	396,68	9336	0,0406	0,0400	0,80

(Fonte: Autor)

Constata-se, ao analisar a quantidade de homem-hora, que o melhor valor foi alcançado na execução do 13º pavimento, seguido do 11º pavimento, conforme pode ser observado nos resultados do Fator Redutor. Com relação à média das homens-hora empregadas na execução da armadura de um pavimento tipo da estrutura em concreto armado, obteve-se um resultado de 396,68hh.

No Gráfico 9 estão os resultados da produtividade obtida em cada pavimento executado (que constam também na quinta coluna Tabela 21).

Gráfico 9 – Produtividade para o serviço de armação



(Fonte: Autor)

Diferentemente do que ocorre nos serviços de montagem e desmontagem das formas, não é observada diferença significativa entre o primeiro pavimento tipo e os demais. Além disso, a diferença entre o maior e o menor valor é de 0,0077 hh/kg. No 11º e no 13º pavimento – pavimentos com os melhores resultados de produtividade – foi constatado atraso na entrega do aço daquele ciclo. Para manter o cronograma das concretagens, foi necessário um esforço maior por parte dos armadores, percebendo-se uma diminuição das homens-hora empregadas nesses pavimentos.

No que tange à média da produtividade para a execução da armadura, obteve-se um valor de 0,0400 hh/kg de aço, valor representativo ao se analisar a RUP de cada pavimento individualmente.

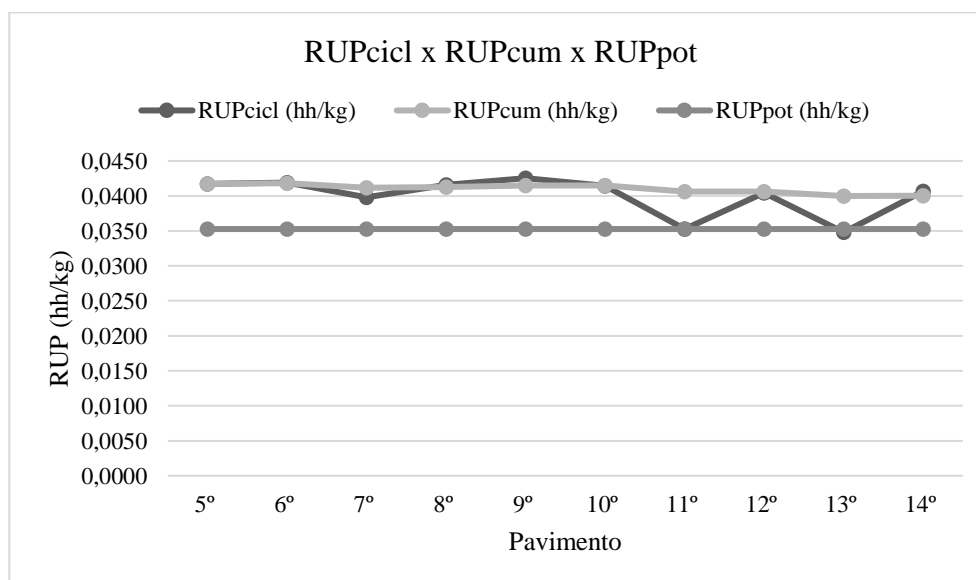
Com relação às avaliações das diferentes RUP, a Tabela 22 apresenta os resultados para RUP cíclica (a mesma já apresentada anteriormente), RUP cumulativa e da RUP potencial. Os valores também estão representados no Gráfico 10.

Tabela 22 – Diferentes avaliações da RUP para o serviço de armação

Pavimento	Homem-hora (hh)	Quantidade de serviço (kg)	RUPcicl (hh/kg)	RUPcum (hh/kg)	RUPpot (hh/kg)
5°	472,00	11314	0,0417	0,0417	
6°	432,83	10324	0,0419	0,0418	
7°	408,50	10268	0,0398	0,0412	
8°	408,75	9828	0,0416	0,0413	
9°	413,92	9732	0,0425	0,0415	
10°	391,33	9445	0,0414	0,0415	0,0353
11°	342,00	9698	0,0353	0,0406	
12°	380,50	9408	0,0404	0,0406	
13°	337,50	9698	0,0348	0,0400	
14°	379,50	9336	0,0406	0,0400	

(Fonte: Autor)

Gráfico 10 – Comparação entre RUP para o serviço de armação



(Fonte: Autor)

Percebe-se, portanto, que o valor da RUP cumulativa foi de 0,0400 hh/kg e a RUP potencial, 0,0353 hh/kg (mediana dos valores do 7°, 11° e 13° pavimento). O percentual de perda de mão de obra calculado foi de 13,56%. Pelo fato de todos os valores de RUP, sejam cíclicos ou

cumulativos, terem resultados em valores muito próximos, qualquer desvio nos resultados da curva causa alteração significativa na RUP potencial. Conforme apresentado, nos pavimentos onde houve melhores valores de produtividade, ocorreu atraso na entrega do aço cortado e dobrado. Tal fato fez com que os armadores executassem o serviço sob pressão, em condições consideradas por esta autora como desfavoráveis. Se a mesma análise para cálculo do percentual de perda de mão de obra fosse realizada desconsiderando o 11° e 13° pavimento – pavimentos que foram afetados por anormalidades – obter-se-ia um valor de 2,15%, significativamente menor.

6.2.3 Concretagem

Para o serviço de concretagem, última etapa do ciclo de execução da estrutura, os dados obtidos podem ser analisados para a etapa 1, para etapa 2 e para as duas etapas. Ademais, cabem duas análises em cada uma destas etapas: a caracterização das homens-hora utilizadas como sendo o tempo total requerido para a concretagem ou como o tempo empregado somente no lançamento e adensamento do concreto (tempo efetivo), onde são desconsideradas as pausas por eventuais atrasos no abastecimento, pausas estas em que os trabalhadores ficam ociosos.

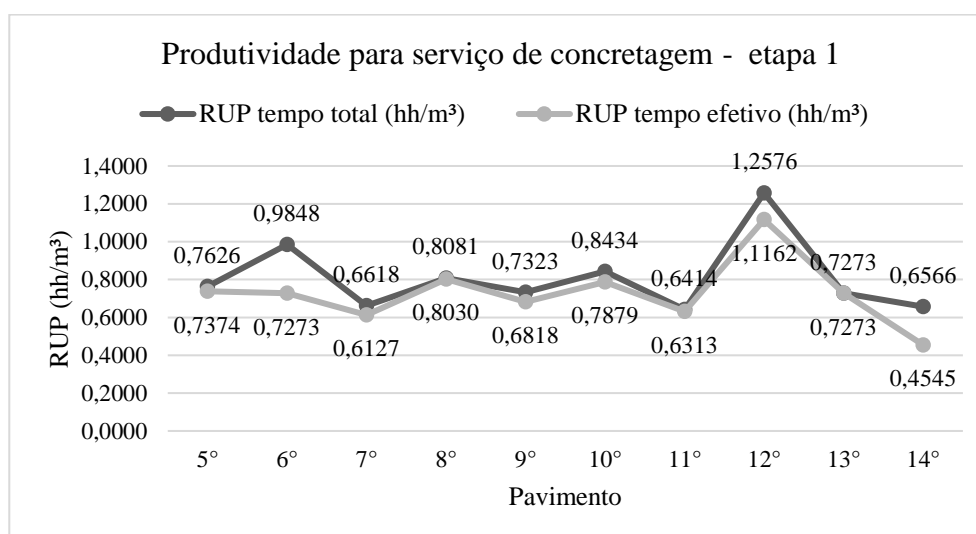
Nesse sentido, na Tabela 23 e no Gráfico 11 os resultados para a concretagem da primeira etapa. Os valores da RUP são apresentados em hh/m³ e na Tabela 23 constam também os resultados do fator redutor tanto para tempo total (FR TT) quanto para o tempo efetivo (FR TE).

Tabela 23 – Produtividade para a concretagem dos pilares

Pavimento	Tempo total (TT)		Tempo efetivo (TE)		Quantidade de serviço (m ³)	Tempo total (TT)		Tempo efetivo (TE)		FR TT	FR TE
	Hh	Hh méd	Hh	Hh méd		RUP	RUP méd	RUP	RUP méd		
5°	12,58	12,58	12,17	12,17	16,50	0,7626	0,7626	0,7374	0,7374	1	1
6°	16,25	14,42	12,00	12,08	16,50	0,9848	0,8737	0,7273	0,7323	1,29	0,99
7°	11,25	13,36	10,42	11,53	17,00	0,6618	0,8031	0,6127	0,6925	0,89	0,86
8°	13,33	13,35	13,25	11,96	16,50	0,8081	0,8043	0,8030	0,7201	1,06	1,09
9°	12,08	13,10	11,25	11,82	16,50	0,7323	0,7899	0,6818	0,7124	0,96	0,92
10°	13,92	13,24	13,00	12,01	16,50	0,8434	0,7988	0,7879	0,7250	1,11	1,07
11°	10,58	12,86	10,42	11,79	16,50	0,6414	0,7764	0,6313	0,7116	0,84	0,86
12°	20,75	13,84	18,42	12,61	16,50	1,2576	0,8365	1,1162	0,7622	1,65	1,51
13°	12,00	13,64	12,00	12,55	16,50	0,7273	0,8244	0,7273	0,7583	0,95	0,99
14°	10,83	13,36	7,50	12,04	16,50	0,6566	0,8076	0,4545	0,7279	0,86	0,62

(Fonte: Autor)

Gráfico 11 – Produtividade para o serviço de concretagem dos pilares



(Fonte: Autor)

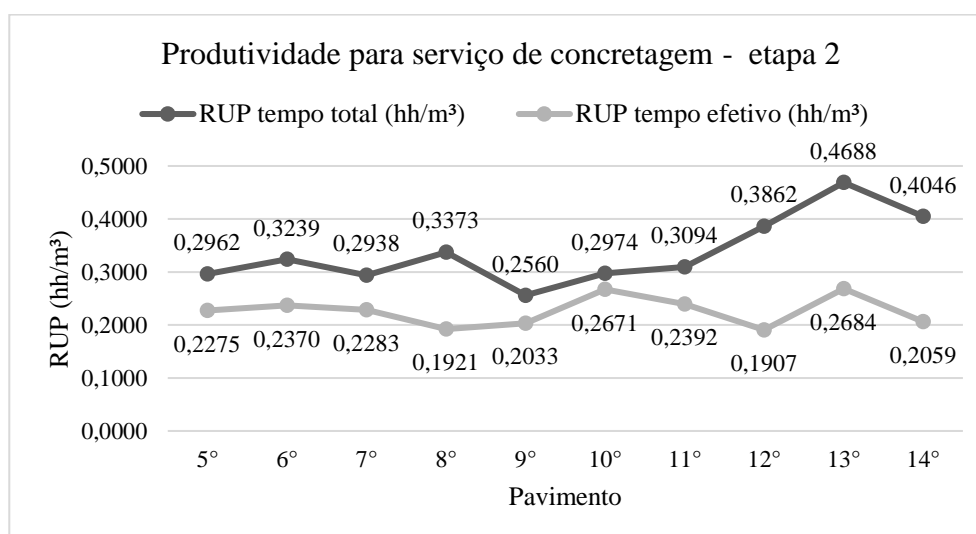
Na Tabela 24 e no Gráfico 12 os resultados para a segunda etapa. Os valores da RUP são apresentados em hh/m³ e os resultados do fator redutor são diferenciados em função do tempo, ou seja, tanto para tempo total (FR TT) quanto para o tempo efetivo (FR TE).

Tabela 24 – Produtividade para a concretagem de vigas e lajes

Pavimento	Tempo total (TT)		Tempo efetivo (TE)		Quantidade de serviço (m ³)	Tempo total (TT)		Tempo efetivo (TE)		FR TT	FR TE
	Hh	Hh méd	Hh	Hh méd		RUP	RUP med	RUP	RUP méd		
5°	31,25	31,25	24,00	24,00	105,50	0,2962	0,2962	0,2275	0,2275	1	1
6°	34,17	32,71	25,00	24,50	105,50	0,3239	0,3100	0,2370	0,2322	1,09	1,04
7°	31,00	32,14	24,08	24,36	105,50	0,2938	0,3046	0,2283	0,2309	0,99	1,00
8°	35,42	32,96	20,17	23,31	105,00	0,3373	0,3128	0,1921	0,2212	1,13	0,84
9°	26,75	31,72	21,25	22,90	104,50	0,2560	0,3014	0,2033	0,2176	0,86	0,89
10°	31,08	31,61	27,92	23,74	104,50	0,2974	0,3008	0,2671	0,2259	0,99	1,16
11°	32,33	31,71	25,00	23,92	104,50	0,3094	0,3020	0,2392	0,2278	1,03	1,04
12°	40,17	32,77	19,83	23,41	104,00	0,3862	0,3125	0,1907	0,2232	1,29	0,83
13°	48,75	34,55	27,92	23,91	104,00	0,4688	0,3299	0,2684	0,2282	1,56	1,16
14°	42,08	35,30	21,42	23,66	104,00	0,4046	0,3374	0,2059	0,2260	1,35	0,89

(Fonte: Autor)

Gráfico 12 – Produtividade para o serviço de concretagem das vigas e lajes



(Fonte: Autor)

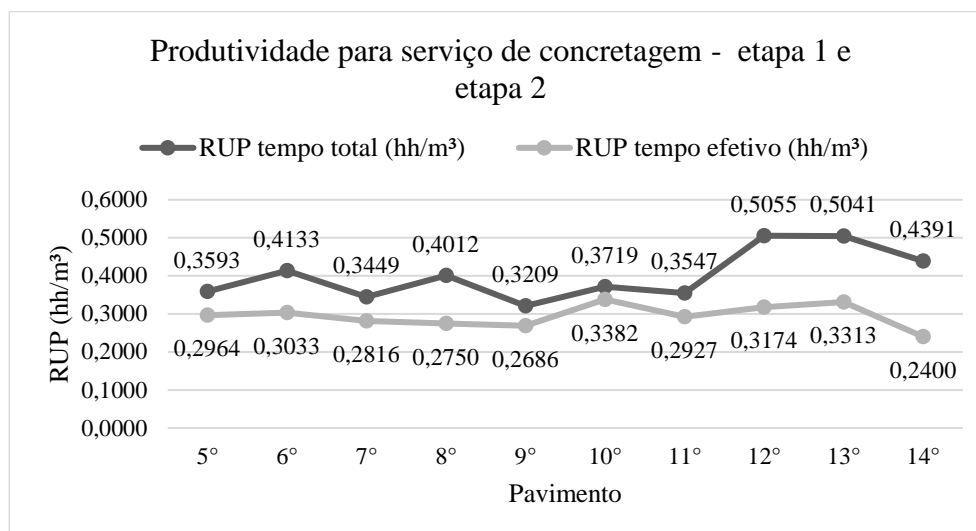
E, por fim, Tabela 25 e no Gráfico 13 estão apresentados os valores das Razões Unitárias de Produção para a combinação da etapa 1 – concretagem dos pilares - e da etapa 2 – concretagem das vigas e lajes. Os valores da RUP são apresentados em hh/m³ e diferenciados em função do tempo total (TT) e do tempo efetivo (TE).

Tabela 25 – Produtividade para o serviço de concretagem

Pavimento	Tempo total (TT)		Tempo efetivo (TE)		Quantidade de serviço (m³)	Tempo total (TT)		Tempo efetivo (TE)		FR TT	FR TE
	Hh	Hh méd	Hh	Hh méd		RUP	RUP méd	RUP	RUP méd		
5°	43,83	43,83	36,17	36,17	122,00	0,3593	0,3593	0,2964	0,2964	1	1
6°	50,42	47,13	37,00	36,58	122,00	0,4133	0,3863	0,3033	0,2999	1,15	1,02
7°	42,25	45,50	34,50	35,89	122,50	0,3449	0,3725	0,2816	0,2938	0,96	0,95
8°	48,75	46,31	33,42	35,27	121,50	0,4012	0,3797	0,2750	0,2891	1,11	0,92
9°	38,83	44,82	32,50	34,72	121,00	0,3209	0,3679	0,2686	0,2850	0,89	0,90
10°	45,00	44,85	40,92	35,75	121,00	0,3719	0,3686	0,3382	0,2939	1,03	1,13
11°	42,92	44,57	35,42	35,70	121,00	0,3547	0,3666	0,2927	0,2937	0,98	0,98
12°	60,92	46,61	38,25	36,02	120,50	0,5055	0,3840	0,3174	0,2967	1,39	1,06
13°	60,75	48,19	39,92	36,45	120,50	0,5041	0,3973	0,3313	0,3005	1,39	1,10
14°	52,92	48,66	28,92	35,70	120,50	0,4391	0,4015	0,2400	0,2945	1,21	0,80

(Fonte: Autor)

Gráfico 13 – Produtividade para o serviço de concretagem (etapa 1 e 2)



(Fonte: Autor)

Observa-se no Gráfico 13 que os valores da RUP para tempo efetivo são consideravelmente menores ao se comparar com o tempo total, principalmente no 6º, 8º, 12º, 13º e 14º pavimento. Esta diferença se deve principalmente à concretagem da segunda etapa, onde constatou-se que no 8º, 12º, 13º e 14º pavimento houve falhas no abastecimento, com intervalos maiores entre os caminhões e ainda no 13º pavimento o serviço foi prejudicado pois a bomba estacionária estragou durante a concretagem, ficando paralisado o lançamento por quase três horas. Tais diferenças são observadas no Gráfico 12. No 6º pavimento, a diferença é devida à combinação das duas etapas, com valor significativo na etapa 1, conforme mostra o Gráfico 11.

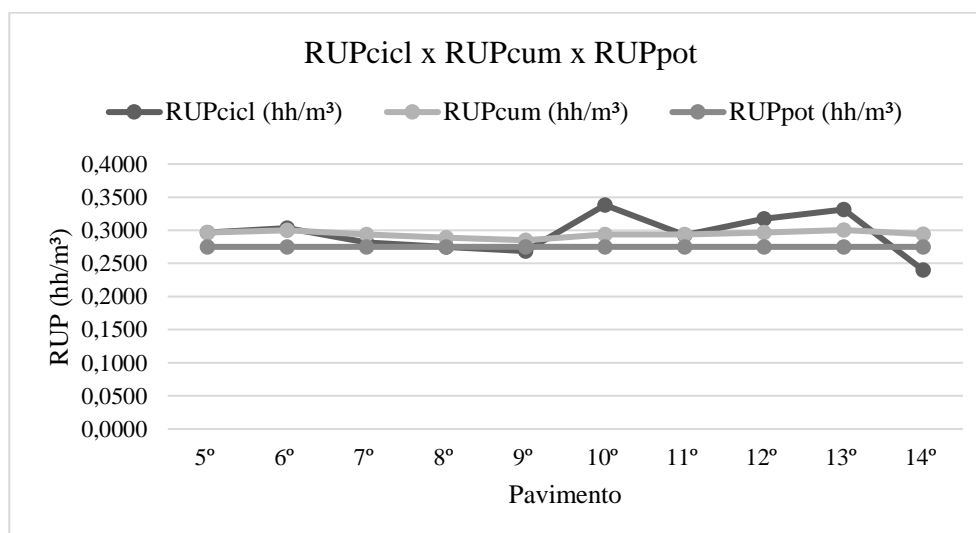
Com relação à avaliação das diferentes RUP, isso será feito exclusivamente sobre os dados do tempo efetivo na análise global (etapa 1 e 2), pois avaliar o tempo total consideraria os efeitos negativos causados pelas falhas no fornecimento do concreto, ou seja, falhas de material e não de mão de obra. Ademais, nesse caso, não se conseguiria determinar, de fato, qual a perda afetada diretamente e exclusivamente pela mão de obra. Os resultados estão apresentados na Tabela 26 e no Gráfico 14.

Tabela 26 – Diferentes avaliações da RUP para o serviço de concretagem

Pavimento	Homem-hora (hh)	Quantidade de serviço (m ³)	RUPcycl (hh/m ³)	RUPcum (hh/m ³)	RUPpot (hh/m ³)
5°	36,17	122	0,2964	0,2964	
6°	37,00	122	0,3033	0,2999	
7°	34,50	122,5	0,2816	0,2938	
8°	33,42	121,5	0,2750	0,2891	
9°	32,50	121	0,2686	0,2850	0,2750
10°	40,92	121	0,3382	0,2938	
11°	35,42	121	0,2927	0,2937	
12°	38,25	120,5	0,3174	0,2966	
13°	39,92	120,5	0,3313	0,3004	
14°	28,92	120,5	0,2400	0,2944	

(Fonte: Autor)

Gráfico 14 – Comparação entre RUP para o serviço de concretagem



(Fonte: Autor)

Conclui-se, a partir dos dados apresentados, que a RUP cumulativa do serviço de concretagem, ao fim de todos os ciclos é de 0,2944 hh/m³ e a RUP potencial é de 0,2750 hh/m³. Nesse caso, o percentual de perda de mão de obra neste serviço é de 7,05%.

6.2.4 Ciclo completo

Por fim, para analisar a produtividade na execução da estrutura como um todo, é apresentado um indicador global, considerando a soma de todas as horas trabalhadas nos serviços de

execução das formas, armação e concretagem da estrutura. A quantidade de horas empregadas no serviço de concretagem representa em torno de 3% a 5% do total de horas empregadas para a execução de um pavimento e a consideração de tempo efetivo ou tempo total não afeta fortemente os resultados finais. Apesar disso, para o serviço de concretagem foi considerado, nesse caso, o tempo total em que os funcionários estiveram disponíveis, pois é o que realmente aconteceu durante a execução e também o que de fato está sendo gasto no processo. Mesmo estando ociosos por falhas no fornecimento do concreto, os operários estão disponíveis para o serviço e suas horas de trabalho são consideradas.

Para gerar a RUP global, a soma das horas de trabalho de todos os serviços foi dividida pela área construída de cada pavimento do empreendimento. Os dados constam na Tabela 27.

Tabela 27 – Produtividade global para a estrutura

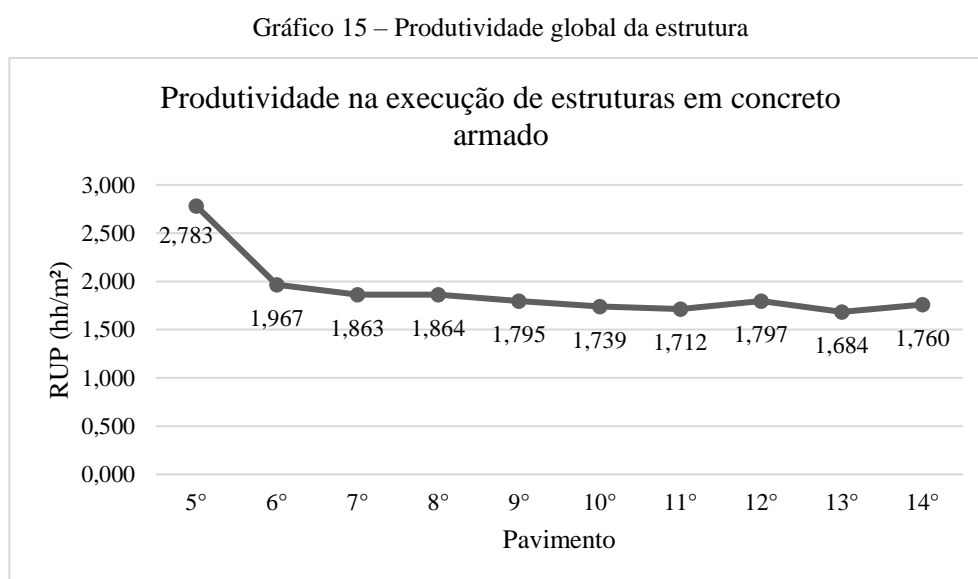
Pavimento	Área construída - AC (m²)	Homem-hora (hh)	Homem-hora médio (hh)	RUP (hh/m²)	RUP média (hh/m²)	Fator redutor
5°	608,35	1693,08	1693,08	2,783	2,783	1,00
6°	596,91	1174,00	1433,54	1,967	2,375	0,69
7°	608,35	1133,42	1333,50	1,863	2,204	0,67
8°	596,91	1112,42	1278,23	1,864	2,119	0,66
9°	608,35	1091,92	1240,97	1,795	2,054	0,64
10°	596,91	1037,92	1207,13	1,739	2,002	0,61
11°	608,35	1041,33	1183,44	1,712	1,960	0,62
12°	596,91	1072,58	1169,58	1,797	1,940	0,63
13°	608,35	1024,17	1153,43	1,684	1,911	0,60
14°	596,91	1050,33	1143,12	1,760	1,896	0,62

(Fonte: Autor)

Quanto à quantidade de homem-hora empregada na execução da estrutura de um pavimento, alcançou-se o menor (e por conseguinte o melhor) valor no 13° pavimento, impactado tanto pelo serviço de execução das formas - que teve o terceiro menor valor nesse pavimento – como pelo serviço de armação – que teve o menor valor nesse pavimento. Tais considerações podem ser observadas na última coluna da Tabela 27 através dos resultados do Fator Redutor. Analisando o desempenho das homens-hora empregadas no 13° pavimento, observa-se, em relação ao 5° pavimento, uma redução de 40% no tempo gasto. Nesse caso, o índice é afetado principalmente pela execução das formas, conforme observou-se anteriormente. Além disso, a

média de homens-hora gastas na execução de um pavimento tipo da estrutura em concreto armado é de 1143,12hh. Se a análise fosse feita retirando-se o primeiro pavimento, chegar-se-ia a uma média de 1082,01hh, confirmando novamente a influência do primeiro pavimento nos índices obtidos.

Em relação à produtividade, os valores da RUP da Tabela 27 estão apresentados também no Gráfico 15.



(Fonte: Autor)

Observa-se que, no geral, ocorreu uma melhoria da produtividade à medida que os pavimentos foram executados, principalmente em relação ao primeiro pavimento tipo – novamente, afetado pelos serviços de montagem e desmontagem das formas.

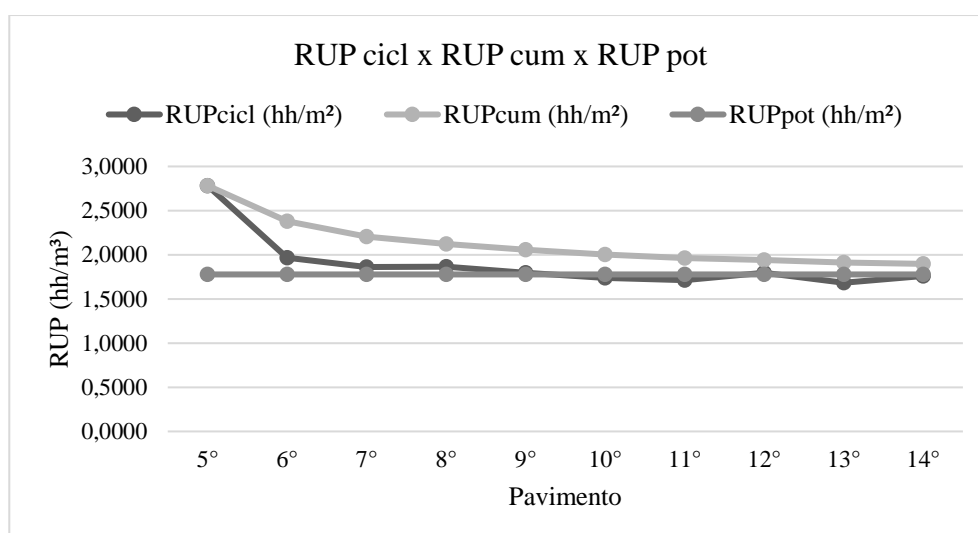
Quanto às possibilidades de avaliação da RUP, a Tabela 28 apresenta a análise sob a perspectiva da RUP cíclica, da RUP cumulativa e da RUP potencial. Os resultados também estão apresentados no Gráfico 16.

Tabela 28 – Diferentes avaliações da RUP para o ciclo completo

Pavimento	Homem-hora (hh)	Quantidade de serviço AC (m ²)	RUPcycl (hh/m ³)	RUPcum (hh/m ³)	RUPpot (hh/m ³)
5°	1693,08	608,35	2,7831	2,7831	
6°	1174,00	596,91	1,9668	2,3788	
7°	1133,42	608,35	1,8631	2,2058	
8°	1112,42	596,91	1,8636	2,1211	
9°	1091,92	608,35	1,7949	2,0554	
10°	1037,92	596,91	1,7388	2,0031	1,7773
11°	1041,33	608,35	1,7117	1,9611	
12°	1072,58	596,91	1,7969	1,9408	
13°	1024,17	608,35	1,6835	1,9120	
14°	1050,33	596,91	1,7596	1,8969	

(Fonte: Autor)

Gráfico 16 – Comparação entre RUP para o ciclo completo



(Fonte: Autor)

Conclui-se, a partir dos dados apresentados, que a RUP cumulativa para a avaliação sob a perspectiva global, ou seja, um ciclo completo, ao fim de todos os ciclos é de 1,8969 hh/m² e a RUP potencial é de 1,7773 hh/m². Além disso, o percentual de perda de mão de obra neste serviço é de 6,73%.

6.3 COMPARAÇÃO COM DADOS DO SINAPI

Nesta seção será feita a comparação dos resultados apresentados nas seções 6.1 e 6.2, ou seja, a comparação entre os resultados do SINAPI e os resultados obtidos no empreendimento.

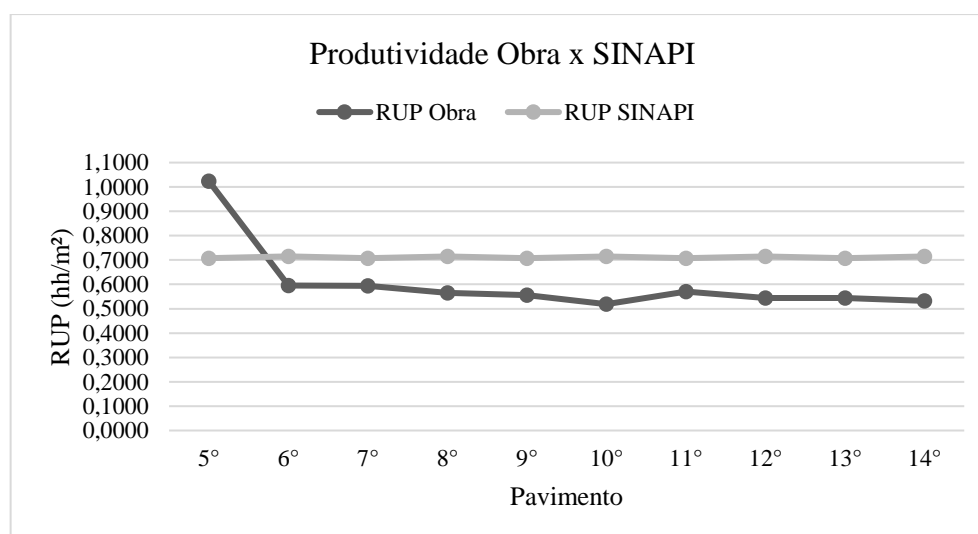
Nesse aspecto, para os serviços de montagem e desmontagem das formas apresenta-se a Tabela 29 e também o Gráfico 17, onde constam os resultados do estudo de caso e do SINAPI.

Tabela 29 – Produtividade Obra x SINAPI para o serviço de formas

Pavimento	RUP (hh/m ²) Obra	RUP (hh/m ²) SINAPI
5°	1,0237	0,7076
6°	0,5957	0,7146
7°	0,5936	0,7076
8°	0,5648	0,7146
9°	0,5558	0,7076
10°	0,5188	0,7146
11°	0,5708	0,7076
12°	0,5443	0,7146
13°	0,5443	0,7076
14°	0,5328	0,7146

(Fonte: Autor)

Gráfico 17 – Produtividade Obra x SINAPI para o serviço de formas



(Fonte: Autor)

Nota-se uma divergência maior no primeiro pavimento tipo (5º pavimento), fato que pode ser explicado por ser o primeiro pavimento a ser executado. Além de requerer ajustes iniciais na forma, é também o primeiro contato dos funcionários com o projeto e com a execução do mesmo. Nos demais pavimentos observa-se valores maiores para os resultados do SINAPI.

Já para os serviços de armação, os resultados da comparação das produtividades obtidas estão na Tabela 30.

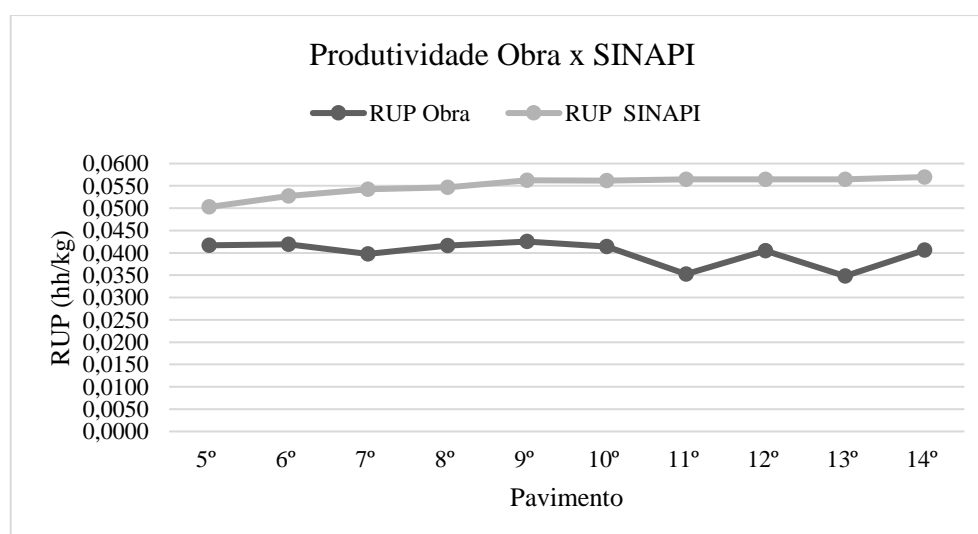
Tabela 30 – Produtividade Obra x SINAPI para o serviço de armação

Pavimento	RUP (hh/kg) Obra	RUP (hh/kg) SINAPI
5º	0,0417	0,0502
6º	0,0419	0,0526
7º	0,0398	0,0541
8º	0,0416	0,0546
9º	0,0425	0,0562
10º	0,0414	0,0561
11º	0,0353	0,0564
12º	0,0404	0,0564
13º	0,0348	0,0564
14º	0,0406	0,0569

(Fonte: Autor)

A partir da tabela foi gerado o Gráfico 18.

Gráfico 18 – Produtividade Obra x SINAPI para o serviço de armação



(Fonte: Autor)

Conclui-se, a partir da Tabela 30 e do Gráfico 18 que, para todos os pavimentos executados o resultado da produtividade dos armadores da obra objeto de estudo foi melhor que o indicador proposto pelo SINAPI, principalmente nos últimos quatro pavimentos.

Por fim, para o serviço da concretagem, os dados encontram-se na Tabela 31.

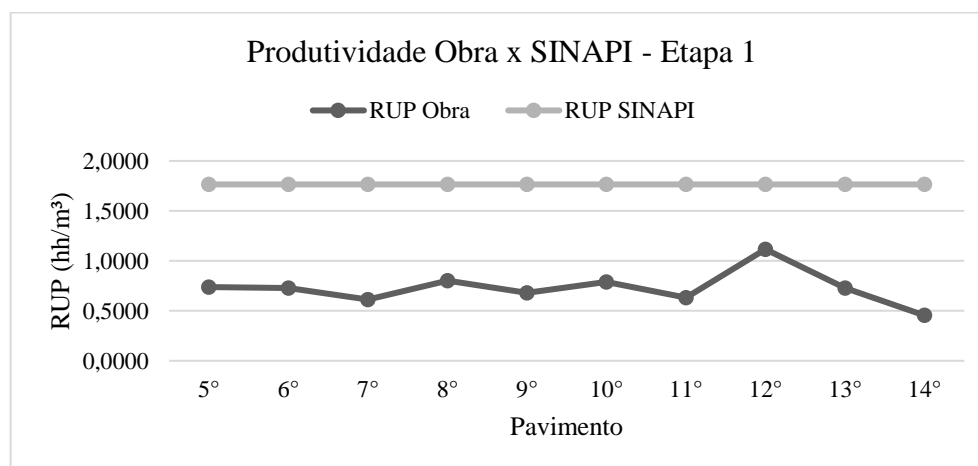
Tabela 31 – Produtividade Obra x SINAPI para o serviço de concretagem

Pavimento	Etapa 1		Etapa 2		Etapa 1 + Etapa 2	
	RUP (hh/m ³)	RUP final (hh/m ³)	RUP (hh/m ³)	RUP final (hh/m ³)	RUP (hh/m ³)	RUP final (hh/m ³)
	Obra	SINAPI	Obra	SINAPI	Obra	SINAPI
5°	0,7374	1,765	0,2275	1,1830	0,2964	1,2617
6°	0,7273	1,765	0,2370	1,1830	0,3033	1,2617
7°	0,6127	1,765	0,2283	1,1830	0,2816	1,2638
8°	0,8030	1,765	0,1921	1,1830	0,2750	1,2620
9°	0,6818	1,765	0,2033	1,1830	0,2686	1,2624
10°	0,7879	1,765	0,2671	1,1830	0,3382	1,2624
11°	0,6313	1,765	0,2392	1,1830	0,2927	1,2624
12°	1,1162	1,765	0,1907	1,1830	0,3174	1,2627
13°	0,7273	1,765	0,2684	1,1830	0,3313	1,2627
14°	0,4545	1,765	0,2059	1,1830	0,2400	1,2627

(Fonte: Autor)

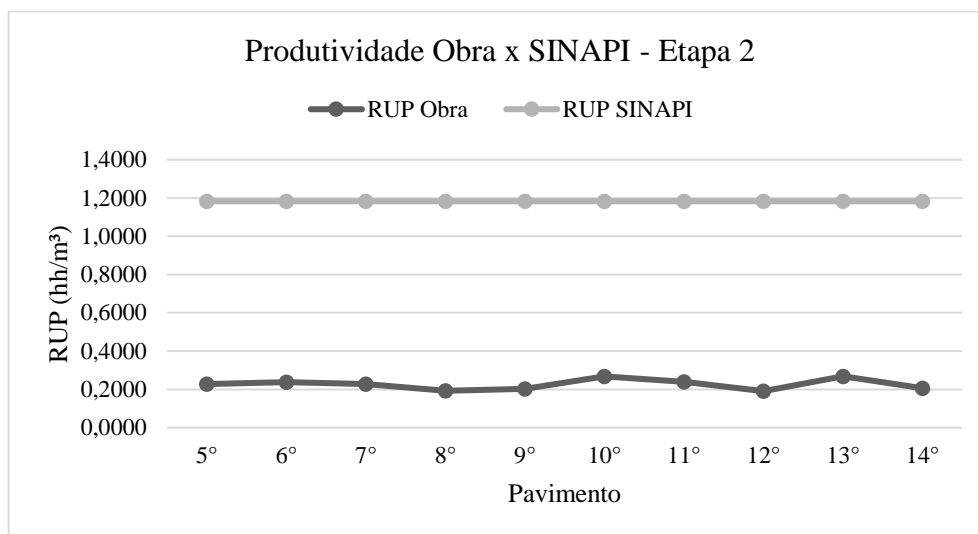
De acordo com o que foi comentado na seção 6.1.3, não existe uma compatibilidade total entre as composições do SINAPI e as condições de execução a obra em questão. Percebe, a partir do Gráfico 19, do Gráfico 20 e do Gráfico 21 que os resultados foram distantes ao se comparar a produtividade obtida a partir das combinações do SINAPI e dos resultados da obra.

Gráfico 19 – Produtividade Obra x SINAPI para o serviço de concretagem dos pilares



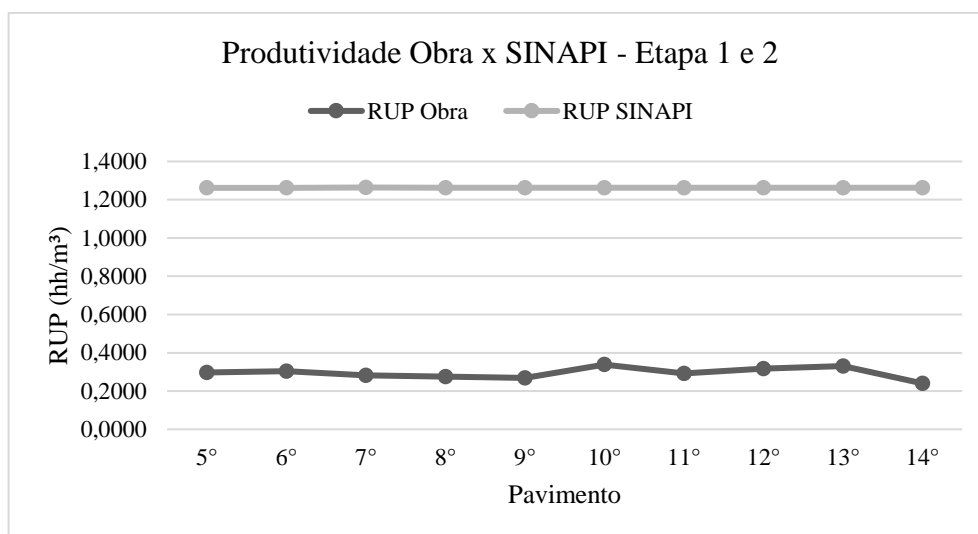
(Fonte: Autor)

Gráfico 20 – Produtividade Obra x SINAPI para o serviço de concretagem das vigas e lajes



(Fonte: Autor)

Gráfico 21 – Produtividade Obra x SINAPI para o serviço de concretagem (etapa 1 e 2)



(Fonte: Autor)

Pode ser que, essa diferença entre resultados, ocorreu por não existir composição que se enquadre totalmente no caso da obra. Outra possibilidade é a consideração dos operários envolvidos no serviço, já que no SINAPI é considerado o serviço de carpinteiro, pedreiro e servente ou ainda, pelo fato do SINAPI considerar, além das etapas de lançamento e adensamento, a etapa de acabamento do concreto, diferente do considerado no levantamento

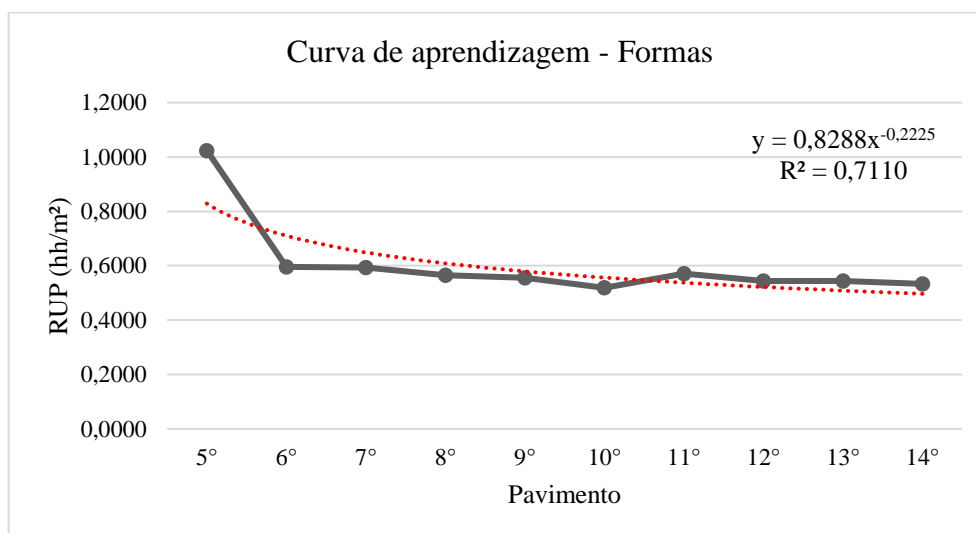
dos dados da obra, onde somente as homens-hora de lançamento e adensamento foram computadas.

6.4 ANÁLISE DO EFEITO APRENDIZAGEM

Resumidamente, o efeito aprendizagem, apresentado anteriormente, demonstra o quanto ocorreu (ou não) aprendido na realização das tarefas à medida que elas se repetem. Nesta seção, este efeito será analisado a partir do modelo linear, descrito em 4.2.1. A partir dos gráficos de produtividade obtidos e já apresentados, foram determinadas as funções que representam as curvas da produção através do programa Excel. Além disso, foram determinados os coeficientes de determinação de cada curva, a fim de identificar o quanto as variações de “y” são representadas por “x” na função específica.

Primeiramente, apresenta-se no Gráfico 22 a curva do modelo linear para o serviço de montagem e desmontagem das formas.

Gráfico 22 – Modelo linear para o serviço das formas



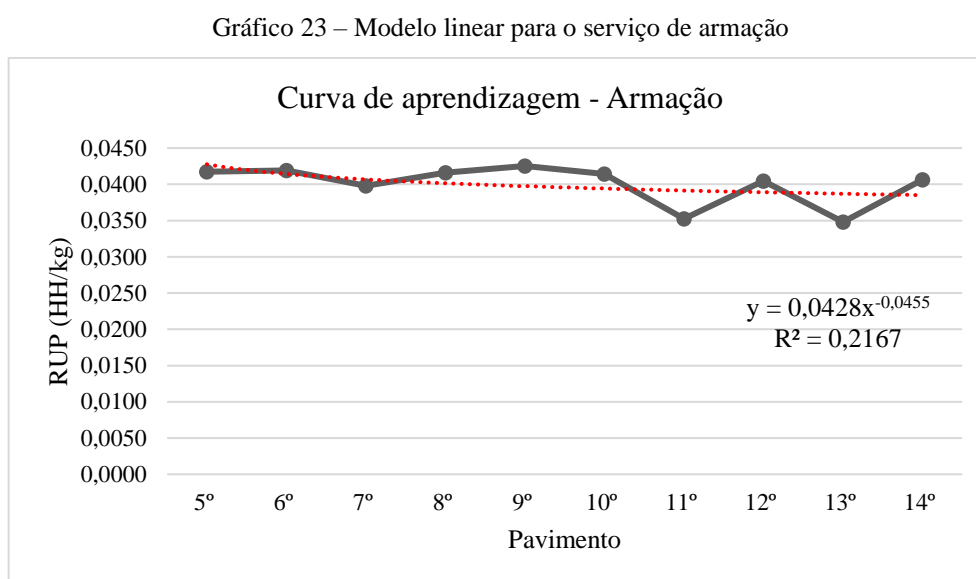
(Fonte: Autor)

A equação que representa a curva de aprendizagem é dada pela Equação 5.

$$Y = 0,8288x^{-0,2225} \quad (\text{Equação 5})$$

O coeficiente de determinação, neste caso, foi de 0,7110, que pelo critério apresentado na seção 4.2.2 representa uma correlação positiva muito forte. Ademais, de acordo com a Equação 5 o valor da taxa de aprendizagem S, nesse caso, é de 85,71%. Verifica-se, portanto, a presença do efeito aprendizagem no serviço de montagem e desmontagem das formas.

Para o serviço de armação, por sua vez, o Gráfico 23 mostra a curva de aprendizagem, gerada a partir do modelo linear.



(Fonte: Autor)

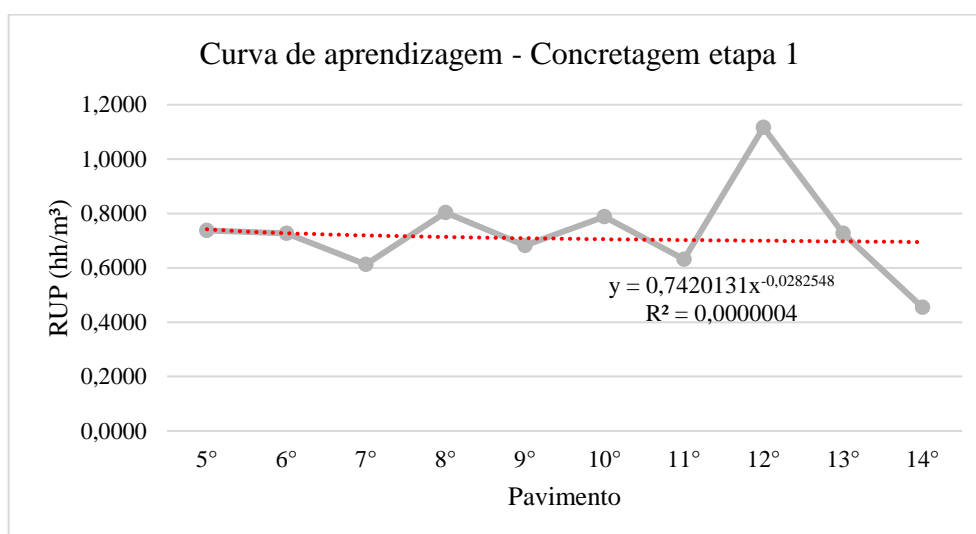
A equação que representa a curva é dada pela Equação 6.

$$Y = 0,0428x^{-0,0455} \quad (\text{Equação 6})$$

Verifica-se, nesse caso, uma correlação positiva ínfima, constatada a partir do valor de 0,2167 para R^2 . O valor calculado para a taxa de aprendizagem S neste serviço foi de 96,90%, representando um serviço com pouca aprendizagem.

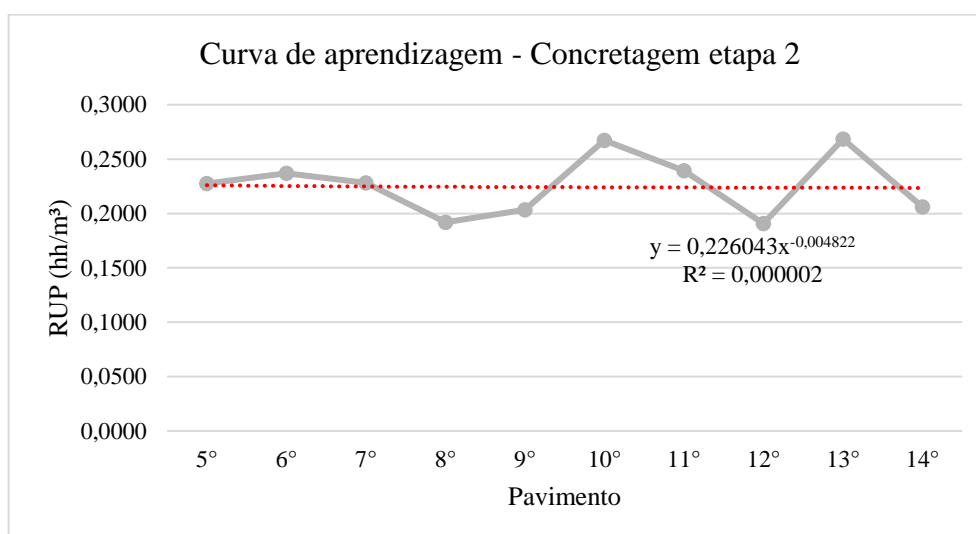
Para o serviço de concretagem, o Gráfico 24 e o Gráfico 25 apresentam os resultados obtidos para a curva de aprendizagem para cada uma das etapas deste serviço.

Gráfico 24 – Modelo linear para o serviço de concretagem dos pilares



(Fonte: Autor)

Gráfico 25 – Modelo linear para o serviço de concretagem das vigas e lajes



(Fonte: Autor)

A equação que representa a concretagem dos pilares – etapa 1 – é a Equação 7.

$$Y = 0,7420x^{-0,0283} \quad (\text{Equação 7})$$

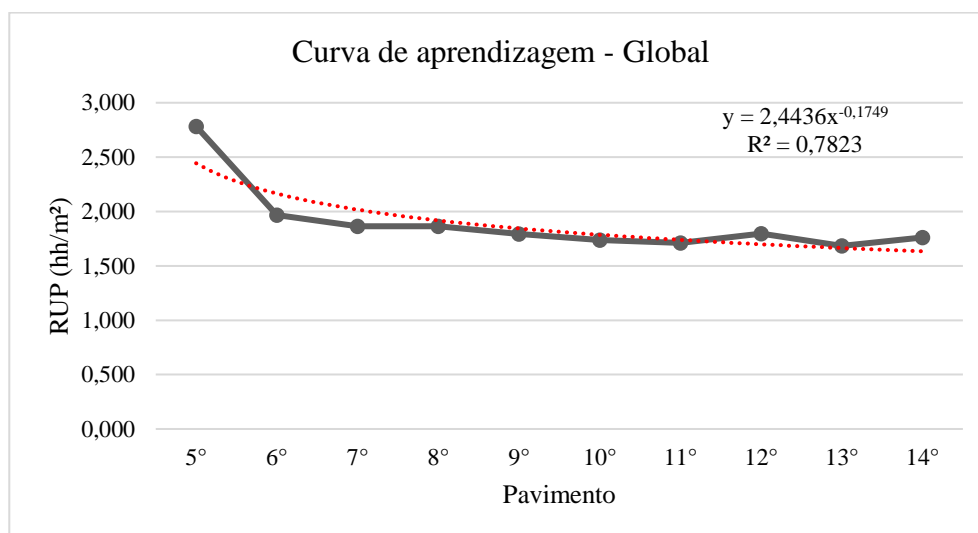
A equação que representa a concretagem das vigas e lajes – etapa 2 – é a Equação 8.

$$Y = 0,2260x^{-0,0048} \quad (\text{Equação 8})$$

Percebe-se que, em ambas as etapas, o coeficiente de determinação da curva é próximo de zero, ou seja, os valores não possuem correlação. Quanto à taxa de aprendizagem S, resultou, para a etapa 1 em 98,06%, e para a etapa 2 em 99,67%. Conclui-se, portanto, que, assim como no serviço de armação, a aprendizagem é baixa, e no caso da concretagem da etapa 2, quase não existe.

Para a avaliação global da estrutura, compreendendo todos os serviços executados no pavimento, os resultados são apresentados no Gráfico 26.

Gráfico 26 – Modelo linear para o serviço de execução da estrutura



(Fonte: Autor)

A equação para o modelo linear, por sua vez é a Equação 9.

$$Y = 2,4436x^{-0,1749} \quad (\text{Equação 9})$$

O resultado do coeficiente, 0,7823, caracteriza uma correlação positiva muito forte. A taxa de aprendizagem S para a execução da estrutura em concreto armado é de 88,58%, fortemente influenciada pelo serviço das formas. Pode-se dizer, nesse caso, que existe o efeito

aprendizagem na execução da estrutura ao se analisar a combinação de todos os serviços realizados.

Em todas as equações apresentadas para os serviços, ao substituir o valor de “x” pelo número de pavimentos da obra a ser planejada é possível prever o valor da produtividade deste serviço com maior exatidão. Na Tabela 32 está apresentado o resumo dos dados apresentados neste tópico.

Tabela 32 – Resumo das curvas de aprendizagem para cada etapa da execução da estrutura

Etapa/Serviço	Equação	R²	Taxa de aprendizagem S
Formas	$Y = 0,8288x^{-0,2225}$	0,7110	85,71%
Armação	$Y = 0,0428x^{-0,0455}$	0,2167	96,90%
Concretagem pilares	$Y = 0,7420x^{-0,0283}$	≅0,00	98,06%
Concretagem vigas e lajes	$Y = 0,2260x^{-0,0048}$	≅0,00	99,67%
Global	$Y = 2,4436x^{-0,1749}$	0,7823	88,58%

(Fonte: Autor)

6.5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No que tange aos resultados de produtividade para o serviço de montagem e desmontagem das formas, constatou-se que no primeiro pavimento tipo o resultado é consideravelmente maior ao se comparar com os demais pavimentos. Do primeiro ao segundo pavimento tipo houve uma melhoria de aproximadamente 42% dos resultados de produtividades. Em seguida, continua o decréscimo, mas não tão acentuado. No geral, os valores decrescem, por consequência melhora a produtividade, à medida que se sucedem os pavimentos. É notável, portanto, o impacto do primeiro pavimento tipo nos resultados e entende-se que é comum que a produtividade seja menor, visto ser o primeiro contato dos carpinteiros com a forma e também por requerer alguns ajustes iniciais e a familiarização com o processo executivo. Apesar disso, é importante que se avalie possibilidades de melhoria nesse primeiro ciclo, seja por treinamento da equipe e apresentação prévia do sistema de formas a ser utilizado ou também pela apresentação do projeto de produção com antecedência, a fim de melhorar os resultados iniciais. Além disso, quando feita a comparação dos resultados obtidos na obra com os valores propostos pelo

SINAPI, observou-se que, com exceção do primeiro pavimento, todos os demais valores de produtividade obtidos na obra são menores, e por consequência melhores, que os valores indicados pelo SINAPI, apesar de serem próximos.

Em relação aos resultados para o serviço de armação, constatou-se valores aproximados em todos os pavimentos repetitivos. Diferentemente dos resultados para a execução das formas, não há diferença significativa entre o primeiro e os demais pavimentos. Observou-se uma pequena diferença em dois pavimentos, justificados pelo atraso na entrega do material. No que diz respeito à comparação com os indicadores do SINAPI, o resultado da produtividade dos armadores da obra objeto de estudo foi melhor em todos os pavimentos e teve um pequeno distanciamento em relação aos dados do Sistema.

Para o serviço de concretagem, foi apresentada a análise sob duas perspectivas de homens-hora gastas na execução: para o tempo total – que considera as paradas por falta/atraso de concreto – e para tempo efetivo – em que são computadas somente as horas em que os operários estavam executando a concretagem. Além disso, a análise ocorreu separadamente para a concretagem dos pilares e para a concretagem das vigas e lajes, e também se avaliou as duas etapas juntamente. Os resultados obtidos mostram a influência negativa do atraso no fornecimento do concreto no valor da produtividade deste serviço e uma variação entre os resultados dos pavimentos. Com relação à comparação com os resultados do SINAPI, observou-se uma diferença significativa entre os resultados, justificada possivelmente pelas diferentes considerações do SINAPI, tanto nas etapas consideradas como na mão de obra considerada.

No que diz respeito à avaliação global dos ciclos, os resultados se comportam de maneira semelhante ao apresentado para o serviço das formas, confirmando a importância dessa etapa no ciclo global. Não que as outras etapas não influenciem os resultados e não tenham importância, pelo contrário. Contudo, a etapa das formas tem papel importante na produtividade da estrutura global pois, neste estudo, representou cerca de 60% das homens-hora empregadas na execução de cada pavimento, enquanto a etapa de armação representou 35% e a etapa de concretagem apenas 5%.

Ademais, a partir de todos os resultados apresentados para produtividade foram determinadas as curvas de aprendizagem. Ainda pouco estudado na literatura brasileira (exemplo do SINAPI que aborda somente a produtividade variável, entretanto não considera efeitos de repetição e

aprendizagem nas tarefas), estas curvas podem servir como base para estudos futuros, seja da empresa onde foi realizado a coleta dos dados ou de outra empresa atuante no segmento da construção, desde que sejam aplicadas em obras com processo executivo e com caracterização semelhante à descrita neste trabalho. Observou-se que apenas no serviço de montagem e desmontagem das formas ocorreu um efeito aprendizagem elevado, nas demais etapas executivas o resultado foi baixo. Por conseguinte, constatou-se este efeito na análise global da estrutura. Ou seja, a cada pavimento executado ocorreu, na maioria das vezes, uma melhoria nos resultados de produtividade da mão de obra.

7 CONCLUSÃO

Avaliando o trabalho apresentado, desde sua revisão dos conceitos até a análise dos resultados dos dados obtidos a partir do estudo de caso na referida obra, pode-se concluir que o mesmo cumpriu com seus objetivos inicialmente propostos. No que diz respeito ao processo executivo de uma estrutura em concreto armado, apresentou-se detalhadamente suas etapas – formas, armação e concretagem. Em seguida, a conceituação de produtividade, focando na avaliação da mão de obra e como pode ser feita essa verificação dos indicadores, avaliando ainda se há efeito aprendizagem na realização das tarefas, visto que os pavimentos são repetitivos.

Quanto ao estudo de caso propriamente dito, abordou-se o ciclo de execução adotado pela empresa, explicitando todas as etapas, os operários envolvidos no processo e quais os serviços executados. A partir desses dados, foi possível obter a Razão Unitária de Produção (RUP) para cada serviço, ou seja, montagem e desmontagem de formas, armação de todos os componentes da estrutura e concretagem dos mesmos. Além disso, obteve-se também um indicador global, compreendendo todas as etapas do ciclo. Ao se comparar os resultados obtidos com os valores propostos pelo SINAPI, observou-se um melhor desempenho da obra objeto de estudo em relação à produtividade apontada pelos Cadernos Técnicos do Sistema, em todos os serviços. A única exceção ocorreu no primeiro pavimento da execução das formas pelo fato do SINAPI não levar em consideração efeitos de aprendizagem em pavimentos repetitivos. Nos resultados da concretagem houve maior disparidade, certamente pelo fato do SINAPI considerar a etapa de acabamento e neste estudo ter sido quantificado somente lançamento e adensamento.

No que tange aos resultados das curvas de produtividade obtidas a partir da análise da Razão Unitária de Produção (RUP) dos serviços, constatou-se que para a etapa de montagem e desmontagem das formas existe um elevado grau de aprendizagem na execução dos pavimentos tipo e tal fato deve ser levado em consideração ao planejar novas obras com caráter repetitivo. Por outro lado, para a etapa de armação dos componentes estruturais e concretagem das peças, o resultado mostrou o contrário: o efeito aprendizagem é mínimo. Para a análise global (execução de um pavimento em estrutura de concreto armado), notou-se que existe o efeito, influenciado principalmente pelo serviço das formas.

Considera-se, portanto, que o presente trabalho permitiu a apresentação de resultados sobre produtividade na execução de estruturas em concreto armado em pavimentos repetitivos, resultados estes que podem ser utilizados como base de dados na construção civil. Percebeu-se o impacto que atrasos no fornecimento de material podem ocasionar nos resultados de produtividade e, por conseguinte, nas curvas de aprendizagem. Além do aspecto do fornecimento de material, o estudo da produtividade pode ser desenvolvido sob outras perspectivas, no sentido de determinar de que forma aspectos como a construtibilidade das estruturas, os projetos de produção, a continuidade na execução, a organização do canteiro e os equipamentos de apoio às tarefas podem afetar os resultados finais. É importante que se faça a análise a partir de diferentes perspectivas a fim de que se possam criar “grupos” de curvas de aprendizagem que seriam úteis ao planejamento e programação de obras brasileiras.

Por fim, enfatiza-se, mais uma vez, a importância de estudos focados na produtividade de mão de obra, pois a gestão da produtividade é uma ferramenta crucial para a melhoria dos desempenhos nos processos produtivos do setor da construção civil. Importante observar que nem sempre o que se aplica em uma obra se aplica noutra. Conhecer os fatores que caracterizam as obras em estudo legitima a avaliação da produtividade, pois pode-se descobrir outros aspectos que influenciam estas obras, verificando – e tomando como referência – os melhores desempenhos e então fazer comparações de produção dentro de uma mesma empresa ou até mesmo com outras construtoras, seja para obras em andamento ou concepção de novos empreendimentos.

8 REFERÊNCIAS

AGNOLETTO, R. A. **Análise do efeito aprendizagem na execução da estrutura de um edifício de pavimentos-tipo**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

ARAÚJO, L. O. C. **Método para a proposição de diretrizes para a melhoria da produtividade da mão de obra na produção de armaduras**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ARAÚJO, L. O. C.; SOUZA, U. E. L. **Produtividade da mão-de-obra na execução de alvenaria: detecção e quantificação de fatores influenciadores**. 2001. Boletim Técnico BT/PCC/269 – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

ASSAHI, P. N. **Sistema de Fôrma para Estrutura de concreto**. Fortaleza, 2005, Apostila da disciplina TB736 Construção de Edifícios I. Disponível em: <http://www.deecc.ufc.br/Download/TB736_construcao%20de%20edificios/Estruturas%20de%20Concreto%20Armado_agosto%20de%202005/Texto%20Paulo%20Assahi%20-%20SISTEMAS%20DE%20F%C3%94RMAS.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480**: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15696**: Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

BARROS, M. M. S. B.; MELHADO, S. B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. 2006. 86p. Apostila da disciplina PCC 3331: Tecnologia e Gestão da Produção de Obras Civis: Edifícios, departamento de Engenharia de Construção Civil – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do Concreto Armado**. 2019. 83p. Notas de aula da disciplina 2117 - Estruturas de concreto I, departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019.

CARRARO, F. **Produtividade da mão-de-obra no serviço de alvenaria**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

DANTAS, M. M. **Proposição de ações para melhoria da produtividade da concretagem em edifícios verticais**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

DEVORE, J. L. **Probabilidade e Estatística para Engenharia e Ciências**. 1ª edição. São Paulo: Thomson, 2006.

FAJERSZTAJN, H. **Fôrmas para concreto armado: aplicação para o caso do edifício**. 1987. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

FREIRE, T. M. **Produção de estruturas de concreto armado, moldadas *in loco*, para edificações: caracterização das principais tecnologias e formas de gestão adotadas em São Paulo**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

FREIRE, T. M.; SOUZA, U. E. L. **Classificação dos Sistemas de Formas para Estruturas de Concreto Armado**. 2001. Boletim Técnico BT/PCC/296 – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

GONÇALVES, D. T. R. **Planejamento da execução de estruturas em concreto armado para edifícios: estudo de caso em obra com restrições e limitações operacionais**. 2009. Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

HEINECK, L. F. M. **Efeito aprendizagem, efeito continuidade e efeito concentração no aumento da produtividade nas alvenarias**. *In*: Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil, 3. 1991, Florianópolis. Anais [...] Florianópolis, 1991.

LEITE, M. O. **A utilização das curvas de aprendizagem no planejamento da construção civil**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

MARTINS, P. M. L. **Avaliação da produtividade na construção no Brasil: O Modelo de Estratificação**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade de Porto, Porto, 2013.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto Microestrutura, Propriedade e Materiais**. 2ª edição. IBRACON, 2014.

OLIVEIRA, R. R. **Repetição e produtividade na construção civil: estudo da execução de estruturas de edifícios**. *In*: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 19. 1997, Gramado. Anais eletrônicos [...] Cascavel: ABEPRO, 1997. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T3309.PDF>. Acesso em: 22 mai. 2021.

RIVEROS, V. A. O. **Desenvolvimento e utilização de um método simplificado de coleta de dados para entender a variação da produtividade na execução de estruturas de concreto armado**. 2016. Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil). **Cadernos técnicos de composições para Armação de Estruturas de Concreto Armado**. Lote 1. Versão 007. Vigência 12/2015. Última atualização: 10/2017. 200p.

SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil). **Cadernos técnicos de composições para Concretagem para Estruturas de Concreto Armado**. Lote 1. Versão 001. Vigência 12/2015. Última atualização: 12/2015. 100p.

SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil). **Cadernos técnicos de composições para Fôrmas para Estruturas de Concreto Armado**. Aferido 09/2020. Última atualização: 09/2020. 312p.

SOUZA, A. L. R.; MELHADO, S. B. **O Projeto e a Qualidade das Lajes de Concreto Armado de Edifícios**. 1996. Boletim Técnico BT/PCC/169 – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SOUZA, U. E. L.; MORASCO, F. G.; RIBEIRO, G. N. B. **Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil**. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), 2017.

SOUZA, U. E. L. **Como medir a produtividade da mão-de-obra na construção civil**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), 8. 2000, Salvador. Anais [...] São Paulo: ANTAC, 2000.

SOUZA, U. E. L. **Como aumentar a eficiência da mão de obra: manual de gestão da produtividade na construção**. 1ª edição. São Paulo: Pini, 2006.

THOMAS, H. R.; MATHEWS, C.T.; WARD, J.G. Learning Curve Models of Construction Productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, 1986, Vol. 112, n.2, p. 245-258, Jun 1986.

ZORZI, A. C. **Fôrma com molde em madeira para estruturas de concreto armado: recomendações para melhoria da qualidade e da produtividade com redução de custos**. 2002. Dissertação (Mestrado em Habitação) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2002.

APÊNDICE A – Tabelas dos dados coletados para o serviço de execução das formas

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Carpinteiros	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
5°	10/08/2020	08:15	01:00	17:00	7,75	15	116,25	Marcação dos eixos e dos colarinhos e subida do material
	11/08/2020	08:10	01:00	17:10	8,00	16	128,00	Forma dos pilares
	12/08/2020	07:50	01:00	16:50	8,00	16	128,00	Subida das escoras, montagem fundo de viga
	13/08/2020	07:45	01:00	17:10	8,42	16	134,67	Painéis laterais das vigas
	14/08/2020	07:45	01:00	17:00	8,25	17	140,25	Barroteamento da laje e início dos painéis de laje
	17/08/2020	07:45	01:00	18:10	9,42	14	131,83	Forma da laje
	18/08/2020	13:00	00:00	18:00	5,00	15	75,00	Ajustes das escoras e dos painéis
	19/08/2020	07:45	01:00	18:00	9,25	15	138,75	Nivelamento e alinhamento das vigas e forma da escada
	20/08/2020	07:45	01:00	19:00	10,25	18	184,50	Alinhamento das vigas e travamento da forma
					Total (h):	74,33	Total (hh):	1.177,25

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Carpinteiros	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				

6°	24/08/2020	07:45	01:00	17:00	8,3	15	123,8	Eixos, colarinhos, subida mat. pilares 5°, fechamento pilares e subida escoras e fundo de viga
	25/08/2020	07:45	01:00	19:00	10,3	16	164,0	Fundo de viga, lateral de viga e início barroteamento da laje
	26/08/2020	07:45	01:00	14:00	5,3	17	89,3	Finalização forma da laje
	27/08/2020	07:45	01:00	18:30	9,8	17	165,8	Nivelamento das vigas, painéis externos e lajes técnicas
	28/08/2020	07:45	01:00	18:00	9,3	16	148,0	Alinhamento das vigas, forma da escada
				Total (h):	42,75	Total (hh):	690,75	

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Carpinteiros	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
7°	02/09/2020	08:00	01:00	19:00	10,00	14	140,00	Eixos, colarinhos, desforma pilares 6°, subida do material, subida escoras e fechamento pilares
	03/09/2020	07:45	01:00	19:00	10,25	14	143,50	Desforma lateral de viga e laje 6°, fundo de viga e início das lajes
	04/09/2020	07:45	01:00	16:30	7,75	14	108,50	Término laterais de vigas internas e lajes
	08/09/2020	07:45	01:00	17:30	8,75	16	140,00	Nivelamento das vigas, painéis externos e lajes técnicas
	09/09/2020	07:45	01:00	18:10	9,42	16	150,67	Travamento vigas de periferia, alinhamento, nivelamento escoras, forma da escada
				Total (h):	46,17	Total (hh):	682,67	

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Carpinteiros	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
8°	14/09/2020	07:45	01:00	18:30	9,75	15	146,25	Eixos, colarinhos, desforma pilares 7°, subida do material, subida escoras e fechamento pilares
	15/09/2020	07:45	01:00	19:00	10,25	16	164,00	Desforma lateral de viga e laje 7°, fundo de viga e início das lajes
	16/09/2020	07:45	01:00	14:30	5,75	15	86,25	Término laterais de vigas internas e lajes
	17/09/2020	07:45	01:00	17:10	8,42	16	134,67	Nivelamento das vigas, painéis externos e lajes técnicas
	18/09/2020	07:45	01:00	17:00	8,25	15	123,75	Travamento vigas de periferia, alinhamento, nivelamento escoras, forma da escada
Total (h):					51,92	Total (hh):	654,92	

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Carpinteiros	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
9°	21/09/2020	08:00	01:00	17:50	8,83	15	132,50	Eixos, colarinhos, desforma pilares 8°, subida do material, subida escoras e fechamento pilares
	22/09/2020	07:45	01:00	18:30	9,75	16	156,00	Desforma lateral de viga e laje 8°, fundo de viga e início das lajes
	23/09/2020	07:45	01:00	15:40	6,92	16	110,67	Término laterais de vigas internas e lajes
	24/09/2020	08:00	00:00	13:00	5,00	16	80,00	Nivelamento das vigas, painéis externos e lajes técnicas

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Carpinteiros	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
	25/09/2020	08:00	01:00	19:00	10,00	16	160,00	Travamento vigas de periferia, alinhamento, nivelamento escoras, forma da escada
Total (h):					40,50	Total (hh):	639,17	

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Carpinteiros	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
	28/09/2020	08:00	01:00	17:50	8,83	16	141,33	Eixos, colarinhos, desforma pilares 9º, subida do material, subida escoras e fechamento pilares
	29/09/2020	08:00	01:00	18:00	9,00	16	144,00	Desforma lateral de viga e laje 9º, fundo de viga e início das lajes
10º	30/09/2020	08:00	01:00	14:00	5,00	16	80,00	Término laterais de vigas internas e lajes
	01/10/2020	08:00	01:00	16:30	7,50	15	112,50	Nivelamento das vigas, painéis externos e lajes técnicas
	02/10/2020	07:45	01:00	17:00	8,25	15	123,75	Travamento vigas de periferia, alinhamento, nivelamento escoras, forma da escada
Total (h):					38,25	Total (hh):	601,58	

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Carpinteiros	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
11°	05/10/2020	08:00	01:00	17:55	8,92	15	133,75	Eixos, colarinhos, desforma pilares 10°, subida do material, subida escoras e fechamento pilares
	06/10/2020	07:45	01:00	18:55	10,17	16	162,67	Desforma lateral de viga e laje 9°, fundo de viga e início das lajes
	07/10/2020	07:50	01:00	15:40	6,83	16	109,33	Término laterais de vigas internas e lajes
	08/10/2020	07:45	01:00	15:20	6,58	16	105,33	Nivelamento das vigas, painéis externos e lajes técnicas
	09/10/2020	07:45	01:00	17:50	9,08	16	145,33	Travamento vigas de periferia, alinhamento, nivelamento escoras, forma da escada
Total (h):					41,50	Total (hh):	656,42	

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Carpinteiros	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
12°	13/10/2020	07:45	01:00	17:30	8,75	16	140,00	Eixos, colarinhos, desforma pilares 11°, subida do material, subida escoras e fechamento pilares
	14/10/2020	07:45	01:00	18:55	10,17	16	162,67	Desforma lateral de viga e laje 11°, fundo de viga e início das lajes
	15/10/2020	07:45	01:00	14:45	6,00	16	96,00	Término laterais de vigas internas e lajes
	16/10/2020	07:45	01:00	14:30	5,75	14	80,50	Nivelamento das vigas, painéis externos e lajes técnicas

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Carpinteiros	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
	19/10/2020	08:00	01:00	18:30	9,50	16	152,00	Travamento vigas de periferia, alinhamento, nivelamento escoras, forma da escada
Total (h):					43,25	Total (hh):	631,17	

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Carpinteiros	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
	21/10/2020	08:00	01:00	18:00	9,00	16	144,00	Eixos, colarinhos, desforma pilares 12°, subida do material, subida escoras e fechamento pilares
	22/10/2020	07:45	01:00	18:50	10,08	16	161,33	Desforma lateral de viga e laje 12°, fundo de viga e início das lajes
13°	23/10/2020	07:45	01:00	14:20	5,58	16	89,33	Término laterais de vigas internas e lajes
	26/10/2020	07:45	01:00	15:00	6,25	16	100,00	Nivelamento das vigas, painéis externos e lajes técnicas
	27/10/2020	07:45	01:00	17:30	8,75	15	131,25	Travamento vigas de periferia, alinhamento, nivelamento escoras, forma da escada
Total (h):					39,58	Total (hh):	625,92	

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Carpinteiros	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
	29/10/2020	07:45	01:00	17:50	9,08	16	145,33	Eixos, colarinhos, desforma pilares 13°, subida do material, subida escoras e fechamento pilares
	30/10/2020	07:45	01:00	18:45	10,00	16	160,00	Desforma lateral de viga e laje 13°, fundo de viga e início das lajes
14°	03/11/2020	07:45	01:00	14:30	5,75	16	92,00	Término laterais de vigas internas e lajes
	04/11/2020	08:00	01:00	14:35	5,58	16	89,33	Nivelamento das vigas, painéis externos e lajes técnicas
	05/11/2020	07:45	01:00	17:30	8,75	15	131,25	Travamento vigas de periferia, alinhamento, nivelamento escoras, forma da escada
Total (h):					39,17	Total (hh):	617,92	

APÊNDICE B – Tabelas dos dados coletados para o serviço de execução das armaduras

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Armadores	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
5°	24/06/2020	07:45	01:00	17:00	8,25	8	66,00	Armação e subida dos pilares
	10/08/2020	08:30	00:45	17:00	7,75	5	38,75	Armação das vigas
	11/08/2020	08:10	01:00	17:10	8,00	6	48,00	Armação das vigas
	12/08/2020	07:50	01:00	17:00	8,17	7	57,17	Organização da baia de aço
	13/08/2020	07:45	00:00	12:00	4,25	7	29,75	Entrega de aço e organização para subida do material
	14/08/2020	07:45	00:00	12:00	4,25	7	29,75	Subida de material
	17/08/2020	15:00	00:00	16:00	1,00	6	6,00	Subida das vigas e início da colocação das mesmas
	18/08/2020	09:30	01:00	18:20	7,83	7	54,83	Colocação das vigas e início do positivo
	19/08/2020	08:00	00:45	18:15	9,50	7	66,50	Armação do positivo da laje
	20/08/2020	07:45	00:30	19:00	10,75	7	75,25	Armação do negativo da laje
Total (h):				69,75	Total (hh):	472,00		

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Armadores	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
6°	14/08/2020	13:00	00:00	15:00	2,00	7	14,00	Aço dos pilares (50%)
	17/08/2020	08:00	01:00	14:30	5,50	6	33,00	Aço dos pilares (100%)
	21/08/2020	10:00	01:00	14:50	3,83	5	19,17	Organização do material
	24/08/2020	07:45	01:00	16:50	8,08	8	64,67	Armação das vigas e colocação dos pilares
	25/08/2020	07:45	01:00	17:15	8,50	8	68,00	Armação das vigas
	26/08/2020	07:45	01:30	19:00	9,75	8	78,00	Armação das vigas e colocação
	27/08/2020	07:45	01:00	18:45	10,00	8	80,00	Colocação das vigas e positivo da laje
	28/08/2020	07:45	01:15	18:30	9,50	8	76,00	Armação do negativo da laje
Total (h):				57,17	Total (hh):	432,83		

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Armadores	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
7°	25/08/2020	17:30	00:00	18:30	1,00	8	8,00	Aço dos pilares

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Armadores	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
	01/09/2020	08:15	01:00	14:45	5,50	7	38,50	Aço dos pilares
	02/09/2020	08:00	00:30	17:00	8,50	8	68,00	Aço e colocação dos pilares e início aço das vigas
	03/09/2020	07:45	01:00	18:00	9,25	8	74,00	Armação das vigas
	04/09/2020	15:00	00:00	19:00	4,00	8	32,00	Organização e subida de material
	05/09/2020	07:45	00:00	12:30	4,75	8	38,00	Armação positivo da laje
	08/09/2020	07:45	01:00	16:30	7,75	8	62,00	Armação do positivo e carregamento das vigas
	09/09/2020	07:00	01:00	19:00	11,00	8	88,00	Armação negativo da laje
Total (h):					51,75	Total (hh):	408,50	

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Armadores	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
8º	04/09/2020	07:45	00:00	12:00	4,25	8	34,00	Aço dos pilares
	12/09/2020	07:45	00:00	13:00	5,25	7	36,75	Aço dos pilares

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Armadores	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
	14/09/2020	07:45	01:00	17:00	8,25	8	66,00	Colocação dos pilares e início aço das vigas
	15/09/2020	07:45	01:00	16:00	7,25	8	58,00	Armação das vigas e organização do material
	16/09/2020	13:00	00:00	18:30	5,50	8	44,00	Armação e colocação das vigas
	17/09/2020	07:45	01:00	18:30	9,75	8	78,00	Carregamento das vigas e armação do positivo
	18/09/2020	07:45	01:00	20:15	11,50	8	92,00	Armação negativo da laje
Total (h):					51,75	Total (hh):	408,75	

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Armadores	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
9º	16/09/2020	07:45	00:00	12:00	4,25	8	34,00	Aço dos pilares
	19/09/2020	07:45	00:00	11:50	4,08	7	28,58	Aço dos pilares
	21/09/2020	07:45	01:00	17:05	8,33	8	66,67	Colocação dos pilares e início aço das vigas
	22/09/2020	07:45	01:00	16:40	7,92	8	63,33	Armação das vigas

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Armadores	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
	23/09/2020	07:45	03:20	18:40	7,58	8	60,67	Armação e colocação das vigas
	24/09/2020	07:45	01:00	19:00	10,25	8	82,00	Carregamento das vigas e armação do positivo
	25/09/2020	08:00	01:00	18:50	9,83	8	78,67	Armação negativo da laje
Total (h):					52,25	Total (hh):	413,92	

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Armadores	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
	26/09/2020	09:30	00:30	14:00	4,00	7	28,00	Aço dos pilares
	28/09/2020	08:00	01:00	17:15	8,25	8	66,00	Aço e colocação dos pilares
10º	29/09/2020	07:45	01:00	17:50	9,08	8	72,67	Armação das vigas
	30/09/2020	08:00	01:15	18:30	9,25	8	74,00	Armação e colocação das vigas
	01/10/2020	08:00	01:00	18:40	9,67	8	77,33	Carregamento das vigas e armação do positivo
	02/10/2020	08:00	01:20	18:30	9,17	8	73,33	Armação negativo da laje

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Armadores	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
				Total (h):	49,42	Total (hh):	391,33	

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Armadores	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
11°	03/10/2020	10:30	00:00	14:20	3,83	8	30,67	Aço dos pilares
	05/10/2020	07:45	01:00	13:30	4,75	8	38,00	Aço e colocação dos pilares
	06/10/2020	14:00	00:00	18:50	4,83	8	38,67	Armação das vigas
	07/10/2020	07:45	01:15	19:00	10,00	8	80,00	Armação e colocação das vigas
	08/10/2020	07:45	01:20	19:00	9,92	8	79,33	Carregamento das vigas e armação do positivo
	09/10/2020	07:45	01:20	18:30	9,42	8	75,33	Armação negativo da laje
					Total (h):	42,75	Total (hh):	342,00

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Armadores	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
12°	05/10/2020	14:15	00:00	16:30	2,25	8	18,00	Aço dos pilares
	06/10/2020	08:00	00:00	11:00	3,00	8	24,00	Aço dos pilares
	13/10/2020	07:45	01:00	16:15	7,50	7	52,50	Armação das vigas
	14/10/2020	07:45	01:00	17:00	8,25	8	66,00	Armação das vigas
	15/10/2020	07:45	03:00	19:00	8,25	8	66,00	Armação e colocação das vigas
	16/10/2020	07:45	01:00	18:00	9,25	8	74,00	Armação do positivo
	19/10/2020	08:00	01:00	19:00	10,00	8	80,00	Armação negativo da laje
Total (h):				48,50	Total (hh):	380,50		

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Armadores	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
13°	20/10/2020	15:00	00:00	18:50	3,83	7	26,83	Aço dos pilares
	21/10/2020	08:00	00:00	13:10	5,17	8	41,33	Aço dos pilares

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Armadores	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
	22/10/2020	07:45	01:00	17:50	9,08	8	72,67	Armação das vigas
	23/10/2020	08:45	02:30	18:20	7,08	8	56,67	Armação e colocação das vigas
	26/10/2020	08:00	01:00	17:05	8,08	8	64,67	Armação do positivo
	27/10/2020	07:45	01:00	18:10	9,42	8	75,33	Armação negativo da laje
Total (h):					42,67	Total (hh):	337,50	

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Armadores	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
	28/10/2020	07:50	01:00	14:00	5,17	7	36,17	Aço dos pilares
	29/10/2020	07:50	00:30	13:30	5,17	8	41,33	Aço dos pilares
14°	30/10/2020	07:45	01:00	18:50	10,08	8	80,67	Armação das vigas
	03/11/2020	07:50	01:00	18:55	10,08	8	80,67	Armação e colocação das vigas
	04/11/2020	07:50	01:00	18:00	9,17	8	73,33	Armação do positivo

Pavimento	Data	Horários			Total de horas	Quant. de Armadores	Produção (hh)	Observação do serviço
		Início	Int. Almoço	Término				
	05/11/2020	07:45	01:00	17:10	8,42	8	67,33	Armação negativo da laje
Total (h):					48,08	Total (hh):	379,50	

APÊNDICE C – Tabelas dos dados coletados para o serviço de concretagem

Pavimento	Data	Horários				Quant. Armadores	Quant. Carpinteiros	Produção Tempo Total	Produção Tempo Efetivo	Observação do serviço
		Início	Término	Tempo Total	Tempo Efetivo					
5º	18/08/2020	08:49	11:20	2,52	2,43	1	4	12,58	12,17	Concretagem dos pilares
	21/08/2020	08:45	15:00	6,25	4,80	1	4	31,25	24,00	Concretagem da laje e das vigas
			Total (h):	8,77	7,23			Total (hh):	43,83	36,17
6º	26/08/2020	14:05	17:20	3,25	2,40	1	4	16,25	12,00	Concretagem dos pilares
	01/09/2020	08:50	15:40	6,83	5,00	1	4	34,17	25,00	Concretagem da laje e das vigas
			Total (h):	10,08	7,40			Total (hh):	50,42	37,00
7º	04/09/2020	16:20	18:35	2,25	2,08	1	4	11,25	10,42	Concretagem dos pilares
	12/09/2020	08:48	15:00	6,20	4,82	1	4	31,00	24,08	Concretagem da laje e das vigas
			Total (h):	8,45	6,90			Total (hh):	42,25	34,50
8º	16/09/2020	14:20	17:00	2,67	2,65	1	4	13,33	13,25	Concretagem dos pilares
	19/09/2020	09:00	16:05	7,08	4,03	1	4	35,42	20,17	Concretagem da laje e das vigas
			Total (h):	9,75	6,68			Total (hh):	48,75	33,42
9º	23/09/2020	14:35	17:00	2,42	2,25	1	4	12,08	11,25	Concretagem dos pilares
	26/09/2020	08:25	13:46	5,35	4,25	1	4	26,75	21,25	Concretagem da laje e das vigas
			Total (h):	7,77	6,50			Total (hh):	38,83	32,50
10º	30/09/2020	14:00	16:47	2,78	2,60	1	4	13,92	13,00	Concretagem dos pilares

Pavimento	Data	Horários				Quant. Armadores	Quant. Carpinteiros	Produção Tempo Total	Produção Tempo Efetivo	Observação do serviço	
		Início	Término	Tempo Total	Tempo Efetivo						
	03/10/2020	09:00	15:13	6,22	5,58	1	4	31,08	27,92	Concretagem da laje e das vigas	
			Total (h):	9,00	8,18			Total (hh):	45,00	40,92	
	07/10/2020	15:44	17:51	2,12	2,08	1	4	10,58	10,42	Concretagem dos pilares	
11°	10/10/2020	08:10	14:38	6,47	5,00	1	4	32,33	25,00	Concretagem da laje e das vigas	
			Total (h):	8,58	7,08			Total (hh):	42,92	35,42	
	15/10/2020	14:49	18:58	4,15	3,68	1	4	20,75	18,42	Concretagem dos pilares	
12°	20/10/2020	08:42	16:44	8,03	3,97	1	4	40,17	19,83	Concretagem da laje e das vigas	
			Total (h):	12,18	7,65			Total (hh):	60,92	38,25	
	23/10/2020	14:20	16:44	2,40	2,40	1	4	12,00	12,00	Concretagem dos pilares	
13°	28/10/2020	09:05	18:50	9,75	5,58	1	4	48,75	27,92	Concretagem da laje e das vigas	
			Total (h):	12,15	7,98			Total (hh):	60,75	39,92	
	03/11/2020	14:30	16:40	2,17	1,50	1	4	10,83	7,50	Concretagem dos pilares	
14°	07/11/2020	08:30	16:55	8,42	4,28	1	4	42,08	21,42	Concretagem da laje e das vigas	
			Total (h):	10,58	5,78			Total (hh):	52,92	28,92	

**APÊNDICE D – Resultados das composições do SINAPI para os serviços de
armação**

Pavimento	Bitola (mm)	Peça estrutural	Quantidade de serviço (kg)	RUP SINAPI (hh/kg)	Homem-hora (hh)	RUP final (hh/kg)		
5°	5	Pilar	270	0,1444	38,99	0,0503		
		Pilar	17	0,1102	1,87			
	6,3	Viga	661	0,1102	72,84			
		Laje	1632	0,0751	122,56			
	8	Pilar	93	0,0862	8,02			
		Viga	225	0,0862	19,40			
		Laje	2277	0,0553	125,92			
	10	Pilar	291	0,0615	17,90			
		Viga	207	0,0615	12,73			
		Laje	432	0,0405	17,50			
	12,5	Pilar	298	0,0449	13,38			
		Viga	243	0,0449	10,91			
	16	Laje	25	0,0287	0,72			
		Pilar	697	0,0304	21,19			
	20	Viga	740	0,0304	22,50			
		Pilar	650	0,0200	13,00			
	25	Viga	2334	0,0200	46,68			
		Pilar	222	0,0117	2,60			
			Total	11314	Total		568,69	

Pavimento	Bitola (mm)	Peça estrutural	Quantidade de serviço (kg)	RUP SINAPI (hh/kg)	Homem-hora (hh)	RUP final (hh/kg)
6°	5	Pilar	299	0,1444	43,18	0,0527
		Pilar	40	0,1102	4,41	
	6,3	Viga	648	0,1102	71,41	
		Laje	1595	0,0751	119,78	
	8	Pilar	63	0,0862	5,43	
		Viga	169	0,0862	14,57	
		Laje	2237	0,0553	123,71	
	10	Pilar	238	0,0615	14,64	
		Viga	209	0,0615	12,85	
		Laje	432	0,0405	17,50	
	12,5	Pilar	522	0,0449	23,44	
		Viga	180	0,0449	8,08	
	16	Laje	25	0,0287	0,72	
		Pilar	365	0,0304	11,10	
	20	Viga	703	0,0304	21,37	
		Pilar	251	0,0200	5,02	

Pavimento	Bitola (mm)	Peça estrutural	Quantidade de serviço (kg)	RUP SINAPI (hh/kg)	Homem-hora (hh)	RUP final (hh/kg)
		Viga	2348	0,0200	46,96	
		Total	10324	Total	544,15	

Pavimento	Bitola (mm)	Peça estrutural	Quantidade de serviço (kg)	RUP SINAPI (hh/kg)	Homem-hora (hh)	RUP final (hh/kg)	
7°	5	Pilar	346	0,1444	49,96	0,0542	
		Viga	661	0,1102	72,84		
	6,3	Laje	1632	0,0751	122,56		
		Pilar	55	0,0862	4,74		
	8	Viga	225	0,0862	19,40		
		Laje	2277	0,0553	125,92		
	10	Pilar	309	0,0615	19,00		
		Viga	207	0,0615	12,73		
	12,5	Laje	432	0,0405	17,50		
		Pilar	534	0,0449	23,98		
	16	Viga	243	0,0449	10,91		
		Laje	25	0,0287	0,72		
	20	Pilar	248	0,0304	7,54		
		Viga	740	0,0304	22,50		
			Total	2334	0,0200		46,68
			Total	10268	Total		556,97

Pavimento	Bitola (mm)	Peça estrutural	Quantidade de serviço (kg)	RUP SINAPI (hh/kg)	Homem-hora (hh)	RUP final (hh/kg)
8°	5	Pilar	352	0,1444	50,83	0,0546
		Viga	648	0,1102	71,41	
	6,3	Laje	1595	0,0751	119,78	
		Pilar	32	0,0862	2,76	
	8	Viga	169	0,0862	14,57	
		Laje	2237	0,0553	123,71	
	10	Pilar	371	0,0615	22,82	
		Viga	209	0,0615	12,85	
	12,5	Laje	432	0,0405	17,50	
		Pilar	527	0,0449	23,66	
		Viga	180	0,0449	8,08	

A produtividade na execução de estruturas de concreto armado em pavimentos repetitivos: um estudo de caso em uma obra localizada em Porto Alegre – RS

Pavimento	Bitola (mm)	Peça estrutural	Quantidade de serviço (kg)	RUP SINAPI (hh/kg)	Homem-hora (hh)	RUP final (hh/kg)
		Laje	25	0,0287	0,72	
	16	Viga	703	0,0304	21,37	
	20	Viga	2348	0,0200	46,96	
		Total	9828	Total	537,01	

Pavimento	Bitola (mm)	Peça estrutural	Quantidade de serviço (kg)	RUP SINAPI (hh/kg)	Homem-hora (hh)	RUP final (hh/kg)	
9°	5	Pilar	381	0,1444	55,02	0,0563	
	6,3	Viga	685	0,1102	75,49		
		Laje	1632	0,0751	122,56		
	8	Viga	182	0,0862	15,69		
		Laje	2277	0,0553	125,92		
	10	Pilar	501	0,0615	30,81		
		Viga	194	0,0615	11,93		
		Laje	432	0,0405	17,50		
	12,5	Pilar	309	0,0449	13,87		
		Viga	293	0,0449	13,16		
		Laje	25	0,0287	0,72		
	16	Viga	804	0,0304	24,44		
	20	Viga	2017	0,0200	40,34		
			Total	9732	Total		547,44

Pavimento	Bitola (mm)	Peça estrutural	Quantidade de serviço (kg)	RUP SINAPI (hh/kg)	Homem-hora (hh)	RUP final (hh/kg)
10°	5	Pilar	381	0,1444	55,02	0,0562
	6,3	Viga	670	0,1102	73,83	
		Laje	1595	0,0751	119,78	
	8	Viga	123	0,0862	10,60	
		Laje	2237	0,0553	123,71	
	10	Pilar	504	0,0615	31,00	
		Viga	195	0,0615	11,99	
		Laje	432	0,0405	17,50	
	12,5	Pilar	309	0,0449	13,87	
		Viga	232	0,0449	10,42	
		Laje	25	0,0287	0,72	
	16	Viga	716	0,0304	21,77	

Pavimento	Bitola (mm)	Peça estrutural	Quantidade de serviço (kg)	RUP SINAPI (hh/kg)	Homem-hora (hh)	RUP final (hh/kg)
	20	Viga	2026	0,0200	40,52	
		Total	9445	Total	530,72	

Pavimento	Bitola (mm)	Peça estrutural	Quantidade de serviço (kg)	RUP SINAPI (hh/kg)	Homem-hora (hh)	RUP final (hh/kg)	
11°	5	Pilar	389	0,1444	56,17	0,0565	
		Viga	685	0,1102	75,49		
	6,3	Laje	1632	0,0751	122,56		
		Viga	182	0,0862	15,69		
	8	Laje	2277	0,0553	125,92		
		Pilar	574	0,0615	35,30		
	10	Viga	194	0,0615	11,93		
		Laje	432	0,0405	17,50		
		Pilar	194	0,0449	8,71		
	12,5	Viga	293	0,0449	13,16		
		Laje	25	0,0287	0,72		
	16	Viga	804	0,0304	24,44		
	20	Viga	2017	0,0200	40,34		
			Total	9698	Total		547,92

Pavimento	Bitola (mm)	Peça estrutural	Quantidade de serviço (kg)	RUP SINAPI (hh/kg)	Homem-hora (hh)	RUP final (hh/kg)
12°	5	Pilar	389	0,1444	56,17	0,0564
		Viga	670	0,1102	73,83	
	6,3	Laje	1595	0,0751	119,78	
		Viga	123	0,0862	10,60	
	8	Laje	2237	0,0553	123,71	
		Pilar	574	0,0615	35,30	
	10	Viga	195	0,0615	11,99	
		Laje	432	0,0405	17,50	
		Pilar	194	0,0449	8,71	
	12,5	Viga	232	0,0449	10,42	
		Laje	25	0,0287	0,72	
	16	Viga	716	0,0304	21,77	
	20	Viga	2026	0,0200	40,52	

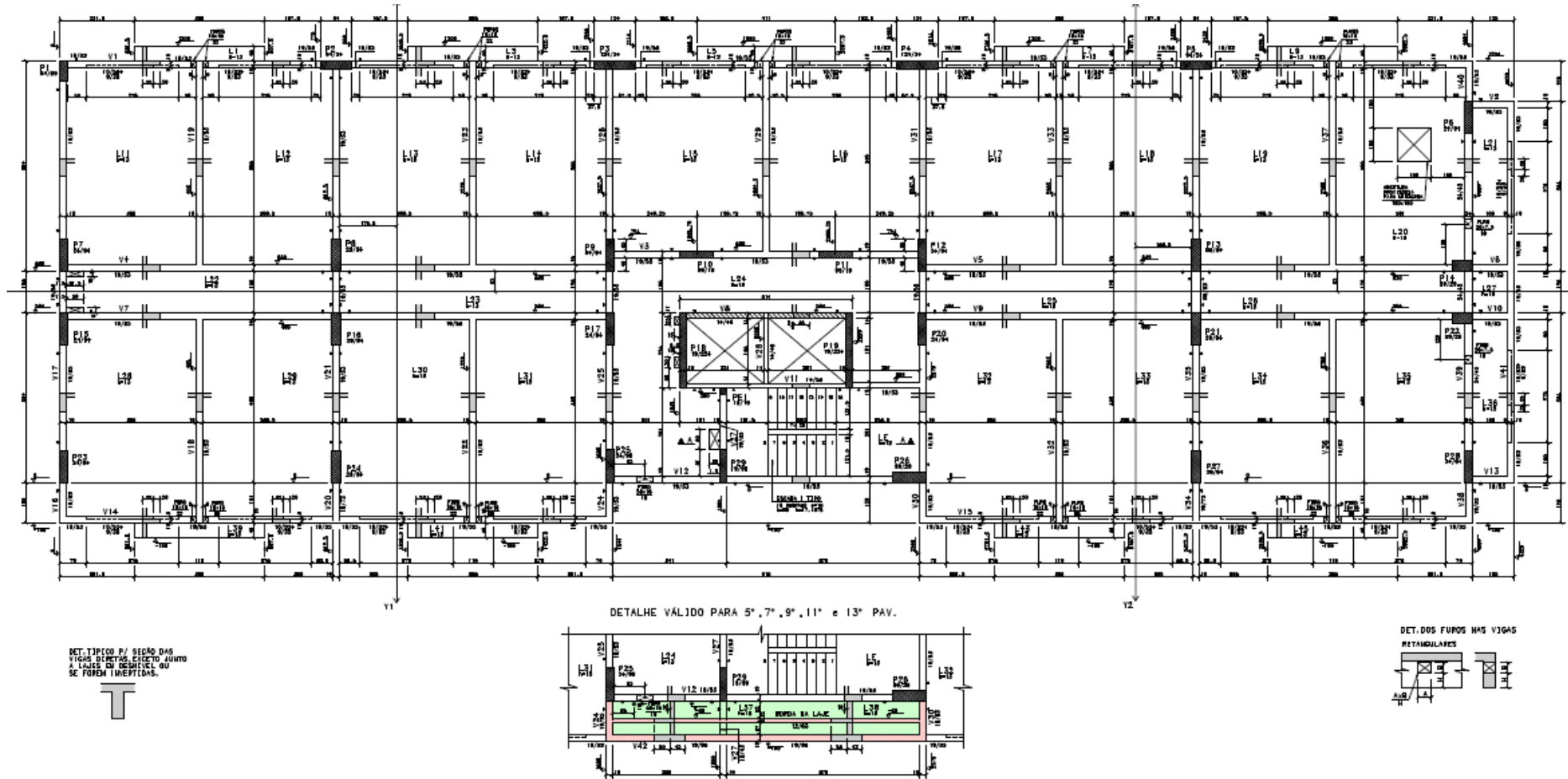
A produtividade na execução de estruturas de concreto armado em pavimentos repetitivos: um estudo de caso em uma obra localizada em Porto Alegre – RS

Pavimento	Bitola (mm)	Peça estrutural	Quantidade de serviço (kg)	RUP SINAPI (hh/kg)	Homem-hora (hh)	RUP final (hh/kg)
		Total	9408	Total	531,02	

Pavimento	Bitola (mm)	Peça estrutural	Quantidade de serviço (kg)	RUP SINAPI (hh/kg)	Homem-hora (hh)	RUP final (hh/kg)
13°	5	Pilar	389	0,1444	56,17	0,0565
	6,3	Viga	685	0,1102	75,49	
		Laje	1632	0,0751	122,56	
	8	Viga	182	0,0862	15,69	
		Laje	2277	0,0553	125,92	
	10	Pilar	574	0,0615	35,30	
		Viga	194	0,0615	11,93	
		Laje	432	0,0405	17,50	
	12,5	Pilar	194	0,0449	8,71	
		Viga	293	0,0449	13,16	
		Laje	25	0,0287	0,72	
	16	Viga	804	0,0304	24,44	
	20	Viga	2017	0,0200	40,34	
			Total	9698	Total	

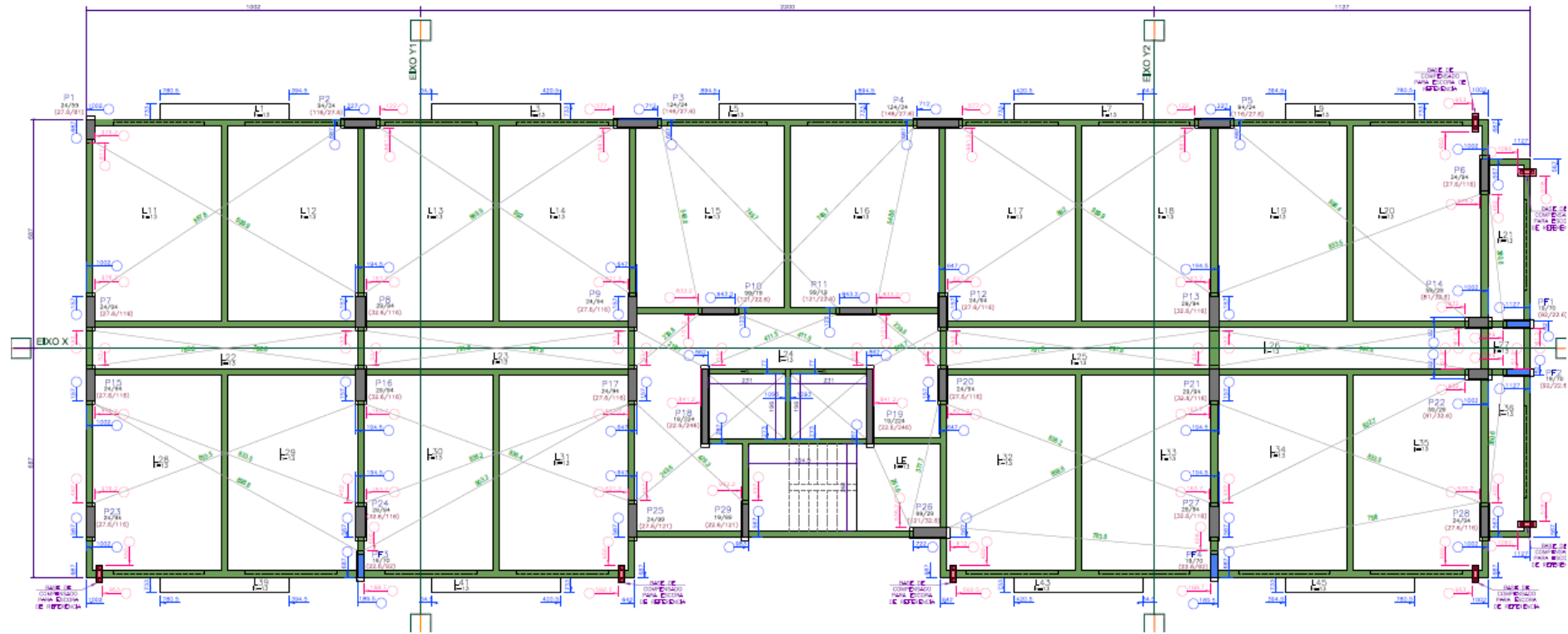
Pavimento	Bitola (mm)	Peça estrutural	Quantidade de serviço (kg)	RUP SINAPI (hh/kg)	Homem-hora (hh)	RUP final (hh/kg)
14°	5	Pilar	389	0,1444	56,17	0,0570
	6,3	Viga	647	0,1102	71,30	
		Laje	1609	0,0751	120,84	
	8	Viga	125	0,0862	10,78	
		Laje	2237	0,0553	123,71	
	10	Pilar	574	0,0615	35,30	
		Viga	322	0,0615	19,80	
		Laje	439	0,0405	17,78	
	12,5	Pilar	194	0,0449	8,71	
		Viga	196	0,0449	8,80	
		Laje	25	0,0287	0,72	
	16	Viga	620	0,0304	18,85	
	20	Viga	1959	0,0200	39,18	
			Total	9336	Total	

ANEXO A – Projeto estrutural do pavimento tipo



A produtividade na execução de estruturas de concreto armado em pavimentos repetitivos: um estudo de caso em uma obra localizada em Porto Alegre – RS

ANEXO B – Projeto de locação e verificação dos pilares e galstalos



ANEXO C – Tabelas das composições dos Cadernos Técnicos do SINAPI

Composição número 92431 - Montagem e desmontagem de forma de pilares retangulares e estruturas similares, pé-direito simples, em chapa de madeira compensada plastificada, 10 utilizações.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Desmoldante protetor para formas de madeira, de base oleosa emulsionada em água	L	0,0040000
Locação de aprumador metálico de pilar, com altura e angulo reguláveis, extensão de 1,50 a 2,80m	MES	0,1960000
Locação de viga sanduiche metálica vazada para travamento de pilares, altura de 8 cm, largura de 6cm e extensão de 2m	MES	0,3930000
Locação de barra de ancoragem de 0,80 a 1,20 m de extensão, com rosca de 5/8", incluindo porca e flange	MES	0,7850000
Prego de aço polido com cabeça dupla 17 x 27 (2 1/2 x 11)	KG	0,0190000
Ajudante de carpinteiro com encargos complementares	H	0,1210000
Carpinteiro de formas com encargos complementares	H	0,6610000
Fabricação de fôrma para pilares e estruturas similares, em chapa de madeira compensada plastificada, e = 18 mm	M2	0,1050000

Composição número 92467 do SINAPI - Montagem e desmontagem de forma de viga, escoramento com garfo de madeira, pé-direito simples, em chapa de madeira plastificada, 10 utilizações.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Desmoldante protetor para formas de madeira, de base oleosa emulsionada em água	L	0,0040000
Tabua não aparelhada 2,5 x 20 cm, em maçaranduba, angelim ou equivalente da região - bruta	M	0,3280000
Prego de aço polido com cabeça dupla 17 x 27 (2 1/2 x 11)	KG	0,0490000
Ajudante de carpinteiro com encargos complementares	H	0,1500000
Carpinteiro de formas com encargos complementares	H	0,8170000
Fabricação de fôrma para vigas, em chapa de madeira compensada plastificada, e = 18 mm	M2	0,1650000

Descrição	Unidade	Coefficiente
Fabricação de escoras de viga do tipo garfo, em madeira. Af_09/2020	M	1,0380000

Composição número 92526 do SINAPI - Montagem e desmontagem de forma de laje maciça, pé-direito simples, em chapa de madeira compensada plastificada, 10 utilizações.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Desmoldante protetor para formas de madeira, de base oleosa emulsionada em água	L	0,0040000
Locação de escora metálica telescópica, com altura regulável de 1,80 a 3,20 m, com capacidade de carga de no mínimo 1000 kgf (10 kN), incluso	MES	0,3970000
Viga de escoramento H20, de madeira, peso de 5,00 a 5,20 kg/m, com extremidades plásticas	M	0,0300000
Ajudante de carpinteiro com encargos complementares	H	0,0740000
Carpinteiro de formas com encargos complementares	H	0,4030000
Fabricação de fôrma para lajes, em chapa de madeira compensada plastificada, e = 18 mm	M2	0,1360000

Composição número 92759 do SINAPI - Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço CA-60 de 5,0 mm.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Espaçador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão 4,2 a 12,5mm, cobrimento 20 mm	UN	1,1900000
Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	KG	0,0250000
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0203000
Armador com encargos complementares	H	0,1241000
Corte e dobra de aço CA-60, diâmetro de 5,0 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes	KG	1,0000000

Composição número 92760 do SINAPI - Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço CA-50 de 6,3 mm.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Espaçador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão 4,2 a 12,5mm, cobrimento 20 mm	UN	0,9700000
Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	KG	0,0250000
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0155000
Armador com encargos complementares	H	0,0947000
Corte e dobra de aço CA-50, diâmetro de 6,3 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes	KG	1,0000000

Composição número 92761 do SINAPI - Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço CA-50 de 8,0 mm.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Espaçador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão 4,2 a 12,5mm, cobrimento 20 mm	UN	0,7430000
Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	KG	0,0250000
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0115000
Armador com encargos complementares	H	0,0707000
Corte e dobra de aço CA-50, diâmetro de 8,0 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes	KG	1,0000000

Composição número 92762 do SINAPI - Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço CA-50 de 10,0 mm.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Espaçador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão 4,2 a 12,5mm, cobrimento 20 mm	UN	0,5430000
Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	KG	0,0250000
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0086000
Armador com encargos complementares	H	0,0529000

Descrição	Unidade	Coefficiente
Corte e dobra de aço CA-50, diâmetro de 10,0 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes	KG	1,0000000

Composição número 92763 do SINAPI - Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço CA-50 de 12,5 mm.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Espaçador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão 4,2 a 12,5mm, cobrimento 20 mm	UN	0,3670000
Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	KG	0,0250000
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0063000
Armador com encargos complementares	H	0,0386000
Corte e dobra de aço CA-50, diâmetro de 16,5 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes	KG	1,0000000

Composição número 92764 do SINAPI - Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço CA-50 de 16,0 mm.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Espaçador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão 4,2 a 12,5mm, cobrimento 20 mm	UN	0,2120000
Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	KG	0,0250000
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0043000
Armador com encargos complementares	H	0,0261000
Corte e dobra de aço CA-50, diâmetro de 16,0 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes	KG	1,0000000

Composição número 92765 do SINAPI - Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço CA-50 de 20,0 mm.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Espaçador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão 4,2 a 12,5mm, cobrimento 20 mm	UN	0,1130000
Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	KG	0,0250000
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0028000
Armador com encargos complementares	H	0,0172000
Corte e dobra de aço CA-50, diâmetro de 20,0 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes	KG	1,0000000

Composição número 92766 do SINAPI - Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço CA-50 de 25,0 mm.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Espaçador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão 4,2 a 12,5mm, cobrimento 20 mm	UN	0,0520000
Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	KG	0,0250000
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0016000
Armador com encargos complementares	H	0,0101000
Corte e dobra de aço CA-50, diâmetro de 25,0 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes	KG	1,0000000

Composição número 92769 do SINAPI - Armação de laje de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço CA-50 de 6,3 mm.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Espaçador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão 4,2 a 12,5mm, cobrimento 20 mm	UN	1,3330000
Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	KG	0,0250000
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0105000
Armador com encargos complementares	H	0,0646000
Corte e dobra de aço ca-50, diâmetro de 6,3 mm, utilizado em laje	KG	1,0000000

Composição número 92770 do SINAPI - Armação de laje de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço CA-50 de 8,0 mm.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Espaçador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão 4,2 a 12,5mm, cobertura 20 mm	UN	0,7280000
Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	KG	0,0250000
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0078000
Armador com encargos complementares	H	0,0475000
Corte e dobra de aço ca-50, diâmetro de 8,0 mm, utilizado em laje	KG	1,0000000

Composição número 92771 do SINAPI - Armação de laje de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço CA-50 de 10,0 mm.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Espaçador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão 4,2 a 12,5mm, cobertura 20 mm	UN	0,3570000
Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	KG	0,0250000
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0057000
Armador com encargos complementares	H	0,0348000
Corte e dobra de aço ca-50, diâmetro de 10,0 mm, utilizado em laje	KG	1,0000000

Composição número 92772 do SINAPI - Armação de laje de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço CA-50 de 12,5 mm.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Espaçador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão 4,2 a 12,5mm, cobertura 20 mm	UN	0,1470000
Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	KG	0,0250000
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0040000
Armador com encargos complementares	H	0,0247000

Descrição	Unidade	Coefficiente
Corte e dobra de aço ca-50, diâmetro de 12,5 mm, utilizado em laje	KG	1,0000000

Composição número 92719 do SINAPI - Concretagem de pilares, fck = 25 Mpa, com uso de grua em edificação com seção média de pilares menor ou igual a 0,25 m² - lançamento, adensamento e acabamento.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Concreto usinado bombeável, classe de resistência C25, com brita 0 e 1, slump = 100 +/- 20 mm, exclui serviço de bombeamento (NBR 8953)	M3	1,1030000
Carpinteiro de formas com encargos complementares	H	0,3530000
Pedreiro com encargos complementares	H	0,3530000
Servente com encargos complementares	H	1,0590000
Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - CHP diurno	CHP	0,1430000
Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - CHI diurno	CHI	0,2100000

Composição número 92726 do SINAPI - Concretagem de vigas e lajes, fck=20 MPa, para lajes maciças ou nervuradas com uso de bomba em edificação com área média de lajes maior que 20 m² - lançamento, adensamento e acabamento.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Concreto usinado bombeável, classe de resistência C20, com brita 0 e 1, slump = 100 +/- 20 mm, inclui serviço de bombeamento (NBR 8953)	M3	1,1030000
Carpinteiro de formas com encargos complementares	H	0,0850000
Pedreiro com encargos complementares	H	0,5120000
Servente com encargos complementares	H	0,5860000
Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - CHP diurno	CHP	0,0440000
Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - CHI diurno	CHI	0,1270000