

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

TIAGO JOSÉ DEMENECH ALMEIDA

**ESTUDO DE CASO NA FABRICAÇÃO E CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÃO
COM PAINÉIS MACIÇOS PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO ARMADO**

**CASCADEL - PR
2016**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

TIAGO JOSÉ DEMENECH ALMEIDA

**ESTUDO DE CASO NA FABRICAÇÃO E CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÃO
COM PAINÉIS MACIÇOS PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO ARMADO**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Professora orientadora: Me. Maria Vânia Nogueira do Nascimento Peres.

**CASCADEL - PR
2016**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a toda minha família, especialmente a minha mãe Terezinha Fátima Demenech, meu pai José Eronides de Almeida, aos meus irmãos Marcos José Demenech Almeida e Marcio José de Almeida, pois sou grato a todo apoio recebido dos mesmos, que acreditaram no meu potencial e nos meus objetivos, me incentivaram, me ajudaram nos momentos de dificuldade e contribuíram de modo imensurável para a minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pelas oportunidades e pelos caminhos iluminados em que me guiou e protegeu-me, pela vida repleta de saúde, felicidades e bons momentos vividos, pela família em que me contempla, e por ter me dado forças, sabedoria e persistência para seguir sempre em frente, em busca dos sonhos e objetivos, assim, superando os caminhos difíceis e os obstáculos encontrados.

Com imenso carinho, agradeço a minha família, em especial a minha mãe Terezinha, e ao meu pai José que me ajudaram de todas as formas possíveis durante a minha formação, me auxiliando, incentivando e não medindo esforços para contribuir com a realização dos meus sonhos e o alcance dos meus objetivos. Agradeço ao meu irmão Marcos, sua esposa Simone, e sua filha Helena, e também ao meu irmão Marcio, e sua esposa Ana Paula, os quais se puseram dispostos, estando ao meu lado, me ajudando, incentivando, dialogando, e assim como meus pais, sempre se fizeram presente nos momentos de dificuldade.

Obrigado também a minha orientadora Maria Vânia Nogueira do Nascimento Peres por me auxiliar nesta etapa, com muita calma, sabedoria e paciência.

Gostaria de agradecer também, aos meus colegas de classe, pelo companheirismo, pelas discussões, pelas alegrias e pelas dificuldades encontradas e vencidas nesses 5 (cinco) anos, período esse, que jamais sairá de minha memória, por se tratar de uma etapa que significou crescimento, aprendizado e conquista, e também aos demais amigos que de alguma forma contribuíram para a minha formação acadêmica.

RESUMO

São evidentes a importância e o crescimento da construção industrializada em nosso meio, método esse, que visa agilidade e produtividade, aliados com qualidade, economia e segurança, a construção pré-moldada está presente nas obras industriais, comerciais e também nas obras residenciais. Nas edificações residenciais, pode ser usado o sistema construtivo pré-moldado através do uso de painéis, tanto para a execução de fechamento, quanto para a utilização do mesmo como função estrutural. Nesse trabalho foi realizado um estudo de caso de uma edificação com painéis maciços pré-moldados de concreto armado, onde foram coletados dados e os mesmos foram analisados, através de visitas técnicas, análise de projetos, e dos métodos fabris e de construção, comparando os mesmos com as normativas que os competem. Foram analisados pontos importantes para a edificação, desde a sua fabricação até a montagem dos elementos. Foram conferidos a fabricação dos painéis e das lajes, em relação as armaduras usadas, aos formatos e dimensões adotados na fabricação, e a qualidade do concreto, já nas dependências da unidade fabril, foram analisadas as fôrmas, desformas e os métodos de manuseio e transporte, e na montagem da obra foi conferido itens de suma importância em parte das instalações dos painéis e das lajes, como juntas verticais, juntas horizontais, e uso adequado de ferramentas. Contudo no decorrer do trabalho, foi possível visualizar os resultados da pesquisa, onde notou-se os itens cumpridos e não cumpridos perante as diretrizes normativas, e das avaliações técnicas que competem o sistema construtivo.

PALAVRAS-CHAVE: pré-moldado, painéis, lajes, fabricação, construção.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01: Execução de edificação residencial	10
FIGURA 02: Detalhe da gola da laje	14
FIGURA 03: Execução da armadura para a fabricação dos painéis	15
FIGURA 04: Bateria de fôrmas verticais	17
FIGURA 05: Fôrma horizontal	17
FIGURA 06: Estocagem dos painéis.....	18
FIGURA 07: Detalhe das armaduras de ligação e do rebaixo.....	20
FIGURA 08: Detalhe dos pontos de solda e das armaduras de ligação	21
FIGURA 09: Detalhe do rebaixo para ligação entre painéis	22
FIGURA 10: Juntas verticais.....	23
FIGURA 11: Argamassa para assentamento dos painéis	24
FIGURA 12: Instalação das placas com auxílio das escoras	24
FIGURA 13: Solda das juntas horizontais entre painéis.....	25
FIGURA 14: Rebaixo nos painéis para execução da junta horizontal	25
FIGURA 15: Tratamento superficial de juntas verticais.....	26
FIGURA 16: Rebaixo das lajes com armadura negativa posicionada	27
FIGURA 17: Concretagem dos rebaixos das lajes	27
FIGURA 18: Execução da fundação do tipo radier na obra.....	29
FIGURA 19: Projeto do painel maciço de concreto armado pré-moldado	30
FIGURA 20: Projeto de painel maciço de concreto armado pré-moldado	31
FIGURA 21: Painel maciço de concreto armado pré-moldado.....	31
FIGURA 22: Projeto de armadura do painel.....	32
FIGURA 23: Projeto de laje maciça de concreto armado pré-moldado.....	33
FIGURA 24: Fôrma horizontal de painel nas instalações da fábrica	34
FIGURA 25: Fôrma horizontal do painel com desmoldante aplicado	34
FIGURA 26: Fôrma para fabricação de lajes maciças nas instalações da fábrica	35
FIGURA 27: Fôrma horizontal com armadura e espaçadores instalados	35
FIGURA 28: Painéis maciços de concreto armado pré-moldado armazenados.....	36
FIGURA 29: Dispositivo de transporte instalado no painel.....	37
FIGURA 30: Painel em fase de transporte	37
FIGURA 31: Movimentação do painel na fase de instalação	38
FIGURA 32: Painel sendo instalado sobre argamassa	38

FIGURA 33: Painel em posição definitiva.....	39
FIGURA 34: Escoramentos provisórios.....	39
FIGURA 35: Travas metálicas provisórias	40
FIGURA 36: Fixadores metálicos definitivos instalados na parte superior dos painéis	40
FIGURA 37: Conclusão das instalações dos painéis no pavimento térreo	41
FIGURA 38: Lajes maciças em posição definitiva	41
FIGURA 39: Lajes com instalações complementares e preenchimentos executados.....	42
FIGURA 40: Laje em etapa de concretagem	43
FIGURA 41: Laje concretada (primeiro nível)	43
FIGURA 42: Junta vertical posicionada no canto após instalação dos painéis.....	44
FIGURA 43: Junta vertical posicionada no canto finalizada	45
FIGURA 44: Junta vertical finalizada.....	45
FIGURA 45: Junta horizontal após instalação dos painéis e lajes	46
FIGURA 46: Junta horizontal finalizada.....	47
FIGURA 47: Comparação entre laje executada e laje aprovada pela DATec N°007-A	50
FIGURA 48: Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.....	51
FIGURA 49: Comparação de instalação de painéis	53
FIGURA 50: Comparação de instalação da lajes	54
FIGURA 51: Comparação das juntas verticais	54
FIGURA 52: Comparação das juntas horizontais	55

SUMÁRIO

1 CAPÍTULO	10
1.1. INTRODUÇÃO	10
1.1.1. OBJETIVOS	11
1.1.1.1. Objetivo Geral	11
1.1.1.2. Objetivos Específicos	11
1.1.2. JUSTIFICATIVA	12
1.1.3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	12
1.1.4. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	13
2 CAPÍTULO	14
2.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1.1. Descrição do sistema construtivo	14
2.1.2. Processo de fabricação.....	14
2.1.2.1. Armadura	14
2.1.2.2. Concreto.....	15
2.1.2.3. Fôrmas	16
2.1.2.4. Desmoldagem e cura	17
2.1.2.5. Armazenamento e transporte	18
2.1.3. Execução da obra.....	19
2.1.3.1. Juntas verticais.....	19
2.1.3.2. Juntas horizontais	22
2.1.3.3. Instalação de painéis.....	23
2.1.3.4. Instalação lajes maciças.....	26
3 CAPÍTULO	28
3.1. METODOLOGIA.....	28
3.1.1. Tipo de estudo e local da pesquisa	28
3.1.2. Caracterização da amostra	28
3.1.3. Coleta de dados.....	29
3.1.3.1. Fabricação dos painéis de concreto armado pré-moldado.....	29
3.1.3.2. Fabricação das lajes maciças de concreto armado pré-moldado	32
3.1.3.3. Concreto.....	33
3.1.3.4. Fôrmas	34
3.1.3.5. Desmoldagem e cura	36

3.1.3.6. Armazenamento e transporte	36
3.1.3.7. Instalação dos painéis maciços de concreto armado pré-moldado	38
3.1.3.8. Instalação das lajes maciças de concreto armado pré-moldado	41
3.1.3.9. Juntas verticais.....	44
3.1.3.10. Juntas horizontais	46
3.1.4. Análise dos dados	47
4 CAPÍTULO	49
4.1. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	49
4.1.1. Fabricação dos painéis maciços de concreto armado pré-moldado.....	49
4.1.2. Fabricação das lajes maciças de concreto armado pré-moldado	49
4.1.3. Concreto.....	50
4.1.4. Fôrmas	52
4.1.5. Desmoldagem e cura	52
4.1.6. Armazenamento e transporte	52
4.1.7. Instalação dos painéis maciços de concreto armado pré-moldado	53
4.1.8. Instalação das lajes maciças de concreto armado pré-moldado	53
4.1.9. Juntas verticais.....	54
4.1.10. Juntas horizontais	55
5 CAPÍTULO	57
5.1. CONCLUSÕES	57
6 CAPÍTULO	59
6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
APÊNDICE A.....	61

1 CAPÍTULO

1.1. INTRODUÇÃO

É evidente o crescimento da industrialização da construção civil em nosso país e em todo o mundo, apesar do pré-conceito e conservadorismo de usuários e profissionais da área, entretanto, o sistema construtivo pré-moldado torna-se uma opção mais viável em certos quesitos, como a agilidade no canteiro de obras, produtividade, redução de resíduos, economia de fôrmas e redução de custos de mão-de-obra, entre outros fatores que contribuem para a viabilidade do sistema construtivo que aliam agilidade, economia, segurança e qualidade, além da diversidade de aplicações do sistema, sendo em obras residenciais, comerciais e industriais, possuindo elementos estruturais e de fechamento, como estacas, pilares, vigas, lajes, painéis de fechamento e painéis estruturais (K. EL DEBS, 2000).

O segmento da construção industrializada, que vem tomando destaque no mercado da construção civil, principalmente em edificações residenciais, pelo fato da inovação, e levando em conta as características técnicas do concreto pré-moldado, é a execução de edifícios residenciais limitados a cinco pavimentos com a aplicação de painéis autoportantes maciços pré-moldados de concreto armado em conjunto com lajes maciças pré-moldadas de concreto armado, conforme Figura 01 (SILVA, 2011).

De acordo com Silva (2016), esse tipo de construção visa à economia, não abrindo mão da qualidade, conforto e da segurança estrutural da edificação, portanto, são aplicados materiais de qualidade, usando métodos adequados no processo de fabricação dos elementos e seguindo um conjunto de projetos compatibilizados, para que se obtenha produtividade na fabricação dos elementos, agilidade no canteiro de obras, e o cumprimento de curtos prazos.

Figura 01 – Execução de edificação residencial.



Fonte: SILVA, 2011.

Em nosso país é evidente a deficiência habitacional, então processos e medidas têm sido tomadas para minimizar o problema social, tendo em mãos o conhecimento sobre sistema construtivo pré-moldado composto por painéis autoportantes e lajes maciças produzidas com concreto maciço pré-moldado, e a sua execução na melhor forma. Fica claro o entendimento de que o mesmo seja uma boa alternativa para suprir o déficit habitacional predominante no Brasil, e também em demais países, tendo como foco fatores importantes tanto para a engenharia civil quanto para a sociedade em si, que são: Economia, segurança e qualidade (SILVA, 2011).

Contudo é de suma importância a normatização e o estudo aprofundado do sistema construtivo com uso de painéis maciços pré-moldados de concreto armado para que possa oferecer um procedimento adequado, com isso desenvolvendo e otimizando o sistema de construção, obtendo resultados mais precisos e seguros.

1.1.1. OBJETIVOS

1.1.1.1. Objetivo Geral

Conferir se a obra do sistema construtivo com painéis maciços pré-moldados de concreto armado e sua devida fabricação atendem aos parâmetros estabelecidos nas NBR 6118/2014, NBR 9062/2006, NBR 15575-2/2013, e na avaliação técnica DATec Nº 007-A.

1.1.1.2. Objetivos Específicos

- Conferir se a fabricação atende aos parâmetros normativos e técnicos pertinentes ao sistema construtivo com uso de painéis maciços pré-moldados de concreto armado;
- Conferir se a montagem da obra atende aos parâmetros normativos e técnicos pertinentes ao sistema construtivo com uso de painéis maciços pré-moldados de concreto armado;
- Elaborar relatório de análise de itens em conformidade e não conformidade.

1.1.2. JUSTIFICATIVA

A construção civil tem sido considerada uma indústria atrasada quando comparada a outros ramos. A razão disso está no fato de ela apresentar, de uma maneira geral, baixa produtividade, grande desperdício de materiais, morosidade e baixo controle de qualidade. Uma das formas de buscar a redução desse atraso é com técnicas associadas à utilização de elementos pré-moldados de concreto. O emprego dessas técnicas recebe a denominação de concreto pré-moldado ou de pré-moldagem e as estruturas formadas pelos elementos pré-moldados recebem a denominação de estruturas de concreto pré-moldado (K. EL DEBS, 2000, p. 3).

Contudo é importante que o sistema construtivo pré-moldado, passe por um intenso controle de qualidade, desde sua comercialização, onde se inicia o processo, até a finalização da obra, os processos que envolvem o sistema como um todo devem ser executados respeitando todo e qualquer parâmetro normativo que os envolve, os quais visam à economia, segurança, qualidade, e agilidade no decorrer da fabricação e montagem (FRANCO, 2016).

Para o sistema construtivo pré-moldado é de extrema necessidade o devido controle de qualidade, se os problemas comumente ocorridos no processo fabril e construtivo forem identificados e solucionados, obtendo então agilidade nos processos e tornará o método de fato eficiente quanto à economia de mão de obra, materiais e insumos, e obtendo alta qualidade na edificação, assim agregando valor a mesma (FRANCO, 2016).

Com este trabalho, busca-se contribuir para a otimização do sistema construtivo, levantando dados referentes a problemas cometidos no processo de fabricação e na montagem da edificação com o uso dos painéis autoportantes maciços pré-moldados de concreto armado, em relação a parâmetros técnicos e normativos e assim indicando os métodos adequados, almejando a melhoria da qualidade na fabricação e construção.

1.1.3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A edificação atende os parâmetros propostos nas normas NBR 6118/2014, NBR 9062/2006, NBR 15575-2/2013, e na avaliação técnica DATec Nº 007-A?

1.1.4. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa limita-se a levantar os erros relacionados a parâmetros normativos e técnicos ocorridos na execução de uma obra do sistema construtivo com uso de painéis autoportantes maciços pré-moldados de concreto armado. A obra se trata de uma edificação residencial de dois pavimentos, contendo doze apartamentos que totalizam 365,76m² de área construída, localizada na Rua Capitão Felix Fleury, lote nº 06, quadra nº 105, centro, na cidade de Laranjeiras do Sul - PR.

Limita-se à pesquisa a analisar o processo fabricação e de montagem da edificação citada anteriormente, executada por uma indústria de pré-moldados, ambas localizadas no município de Laranjeiras do Sul - PR, e também em artigos publicados, normas, avaliações e bibliografias técnicas.

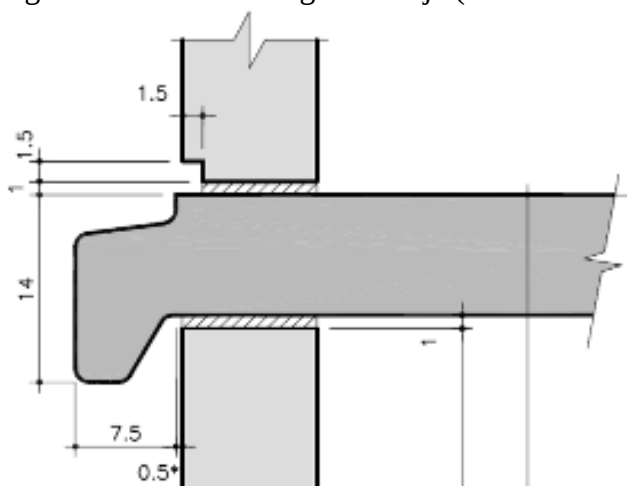
2 CAPÍTULO

2.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1. Descrição do sistema construtivo

O sistema construtivo limita-se a cinco pavimentos e é constituído por painéis maciços de concreto armado pré-moldado com espessura de 10 cm, e lajes de concreto armado pré-moldado com espessuras de 9 cm, ressaltando que as lajes são projetadas com uma gola na extremidade em que não a contato com outra laje, conforme Figura 02, os elementos são fabricados com materiais adequados, como malhas de aço atendendo as normativas quanto a seu limite de escoamento e concreto executado com resistência a compressão de 25 MPa entre outras características pertinentes ao sistema (DATec N°007-A, 2014).

Figura 02 – Detalhe da gola da laje (dimensões em centímetros).



Fonte: DATec N°007-A, 2014.

2.1.2. Processo de fabricação

2.1.2.1. Armadura

Segundo a DATec N°007-A (2014), a armadura para a fabricação dos painéis maciços de concreto armado pré-moldado, pode ser executada de dois tipos, a armadura simples e centralizada, a qual usa telas L113, que possui malha de 10cm x 30cm, e fios de aço de diâmetro igual a 3,8mm, ou a armadura dupla, que usa telas Q61 que possui malha de 15cm x

15cm, e fios de aço de diâmetro igual a 3,4mm, sendo que o cobrimento do concreto é garantido por espaçadores, o qual recomenda-se o uso de 5 espaçadores por metro quadrado, podemos verificar a execução da armadura na Figura 03.

A NBR 7481 – Tela de aço soldada: armadura para concreto (ABNT, 1990) trata a tela de aço soldada como armadura pré-fabricada, em forma de rede de malhas retangulares, possuindo fios de aço longitudinais e horizontais, sobrepostos e soldados em todos os nós, esses mesmos fios devem atingir as propriedades mecânicas da categoria CA-50B, com resistência característica de escoamento mínimo de $f_{yk} = 500\text{Mpa}$, ou CA-60, com resistência característica de escoamento mínimo de $f_{yk} = 600\text{MPa}$.

Figura 03 – Execução da armadura para a fabricação dos painéis.



Fonte: DATec N°007-A, 2014.

2.1.2.2. Concreto

Segundo a NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto: procedimento (ABNT, 2014), o concreto armado, depois de seco em estufa, deve possuir peso específico compreendido entre 2000kg/m^3 e 2800kg/m^3 .

A avaliação DATec N°007-A (2014), afirma que o concreto utilizado para a moldagem dos painéis, deve ser um concreto auto adensável comum, o qual atinge um peso específico em torno de 2250kg/m^3 com tolerância de 50kg para mais ou para menos, e o mesmo deve possuir resistência característica a compressão específica de 25MPa e consistência por espalhamento no mínimo igual a 600mm.

Como embasamento normativo, a DATec Nº 007 (2014) usa parâmetros regidos pela DIRETRIZ SINAT Nº 02, que considera que as paredes de concreto armado, que usam com adição de fibras de polipropileno, alcancem massa específica de no mínimo 2150kg/m³, e compressão específica de no mínimo 20MPa, e espessuras mínimas de 10cm (DIRETRIZ SINAT Nº 02, 2012).

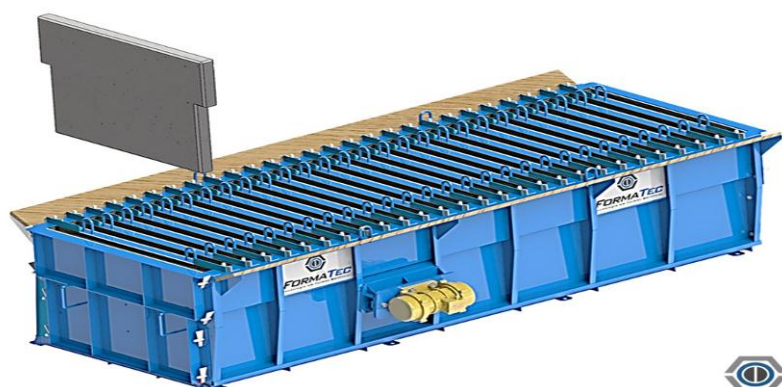
De acordo com a NBR 15575-2 – Edificações habitacionais: desempenho parte 2: requisitos para os sistemas estruturais (ABNT, 2013), a qual foi baseada para a elaboração da DATec Nº 007 (2014) e que define a equação de resistência última aplicada a edifícios de até cinco pavimentos, baseando-se em parâmetros normativos da NBR 6118, solicita a compressão específica mínima de 25MPa, para garantir segurança estrutural a edificação.

2.1.2.3. Fôrmas

Conforme a NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado (ABNT, 2006), as fôrmas devem adaptar-se as dimensões e formas solicitadas em projeto das peças pré-moldadas, respeitando as folgas e tolerâncias, as quais são consideradas levando em conta os desvios de produção, de locação, de verticalidade da obra e montagem dos elementos. É definido para painéis, lajes, escadas e elementos em placas, as tolerâncias quanto ao comprimento, de +/- 10mm para comprimentos até 5 metros, de +/- 15mm para comprimentos entre 5 e 10 metros, e de +/- 20mm para comprimentos acima de 10 metros, quanto a espessura a tolerância é de -5mm e +10mm, para as tolerâncias quanto a planicidade, aceita-se +/- 3mm para comprimentos até 5 metros, e +/- comprimento/1000 para comprimentos acima de 5 metros, para as tolerâncias quanto a distorção, é aceitável +/- 3mm a cada 30cm para elementos com altura ou largura até 1 metro e +/- 10mm para elementos com altura ou largura maiores que 1 metro, já a tolerância quanto a linearidade é de +/- comprimento/1000.

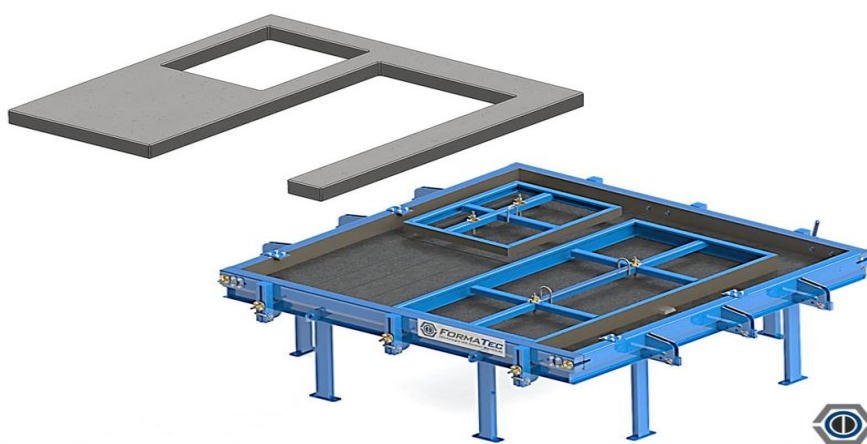
Segundo a DATec Nº 007 (2014) , as fôrmas podem ser do tipo bateria ou horizontal, conforme Figuras 04 e 05, a sequência de processos para a moldagem dos painéis inicia-se com o procedimento da preparação das fôrmas, o que limita-se entre a limpeza das fôrmas e a aplicação de desmoldante nas mesmas, o segundo passo é a introdução da armadura na fôrma e a devida aplicação de espaçadores entre malhas no caso de armaduras duplas, e espaçadores que garantem o cobrimento das armaduras, verificando a conformidade das armaduras e detalhes solicitados em projetos, em seguida, é executada o lançamento do concreto.

Figura 04 – Bateria de fôrmas verticais.



Fonte: FORMATEC, 2016.

Figura 05 – Fôrma horizontal.



Fonte: FORMATEC, 2016.

2.1.2.4. Desmoldagem e cura

Segundo a NBR 9062 (ABNT, 2006), referente à desmoldagem, as fôrmas devem ser executadas de modo que facilitem a desforma dos elementos moldados sem ocasionar danos aos mesmos, possibilitando a remoção de laterais e com a moldagem de chanfros e ângulos solicitados no projeto dos elementos. Quando ocorre a aplicação de aditivos para facilitar a desmoldagem, é importante tomar cuidado para que a aplicação do mesmo seja realizada antes da colocação da armadura, para que não haja contato entre a armadura e o aditivo, e consequentemente o aditivo aplicado na fôrma não deve reagir quimicamente com o concreto

fresco ou endurecido, na qual não danifique o concreto e não prejudique a sua ponte de aderência se acaso ocorrer concretagem *'in situ'*, após a montagem dos elementos.

Segundo a DATec N°007-A (2014), a desmoldagem dos elementos deve ocorrer depois de 20 horas da concretagem, e com resistência a compressão mínima de desforma de 8MPa.

Segundo a NBR 9062 (ABNT, 2006) a cura do concreto em fôrma designa-se a atingir o endurecimento previsto, visto que deve ser protegido contra intempéries do tempo, como mudanças repentinas de temperatura e chuvas, já a proteção à secagem prematura, é necessário manter a superfície úmida, ou realizar proteção com película impermeável, para efetuar a hidratação adequada na cura do concreto.

2.1.2.5. Armazenamento e transporte

Após o processo fabril dos painéis, os mesmos são transferidos para a área de estoque, através de equipamentos de movimentação interna da unidade de fabricação, ou eventualmente transferidos para o processo de acabamento ou até mesmo retoque, lembrando que esses procedimentos devem ser minimizados. Para o armazenamento de painéis, é ideal a sua organização e empilhamento correspondente à posição aproximada da posição definitiva do elemento pré-moldado, e com auxílio de guias, sobre paredes ou dispositivos de suporte, conforme Figura 06 (K. EL DEBS, 2000).

Figura 06 – Estocagem dos painéis.



Fonte: DATec N°007-A, 2014.

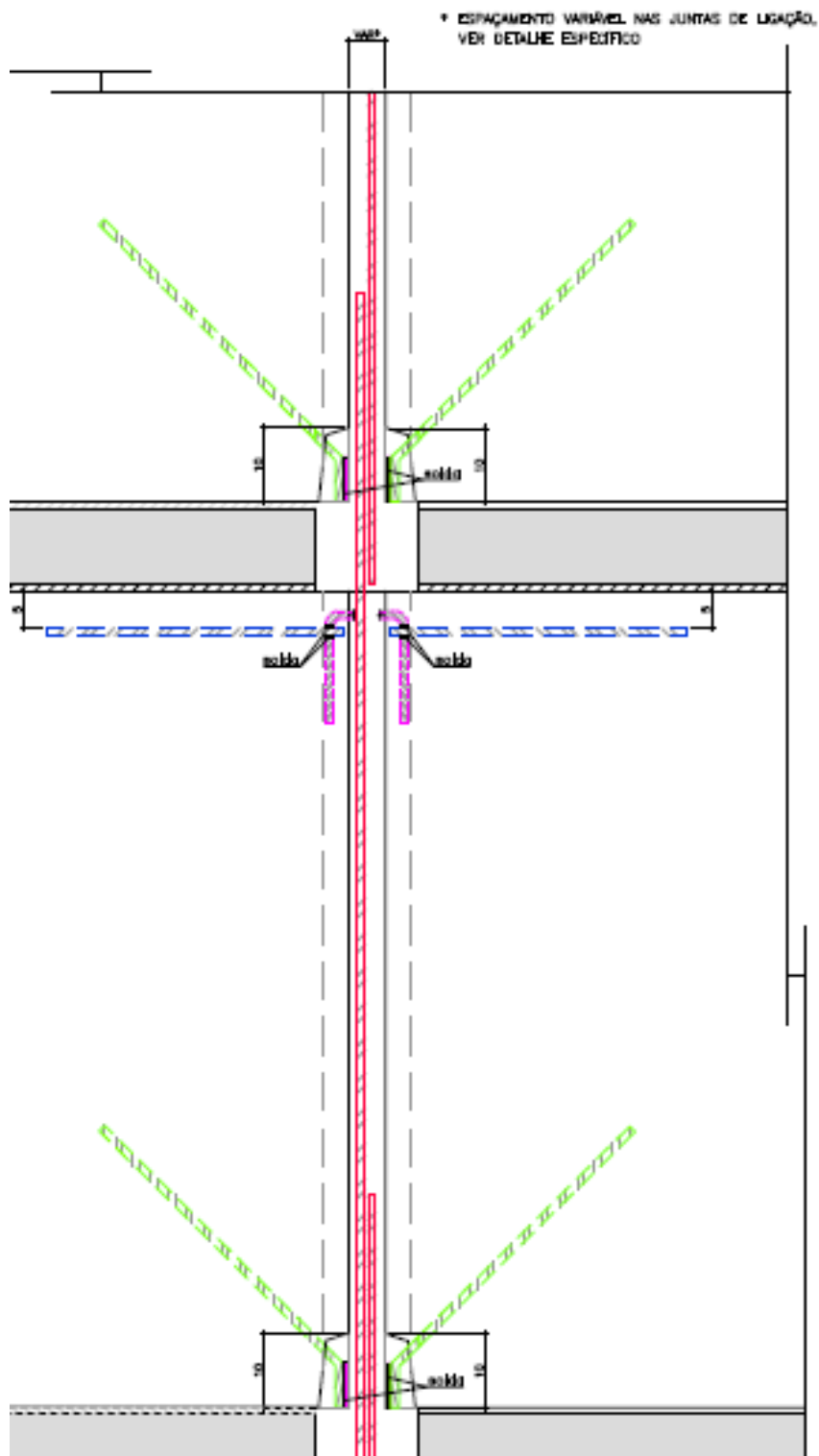
Para realização do transporte interno e carregamento, são usados equipamentos como pontes rolantes, pórticos rolantes, monotrilhos, carrinhos de rolamento, guias, entre outros, contando com balancins ou braços mecânicos, e dispositivos de transportes fixados nas peças, como furos, laços de aço ou chapa ou até dispositivos fixados posteriormente, esses mesmos utilizados no procedimento de desenforma e organização do espaço de armazenamento. Ao se tratar de traslado, processo de logística que transporta os elementos da fábrica até o local de montagem, o modal mais usado no Brasil é o rodoviário, podendo então contar com auxílio de caminhão normal, carreta e carretas especiais (K. EL DEBS, 2000).

2.1.3. Execução da obra

2.1.3.1. Juntas verticais

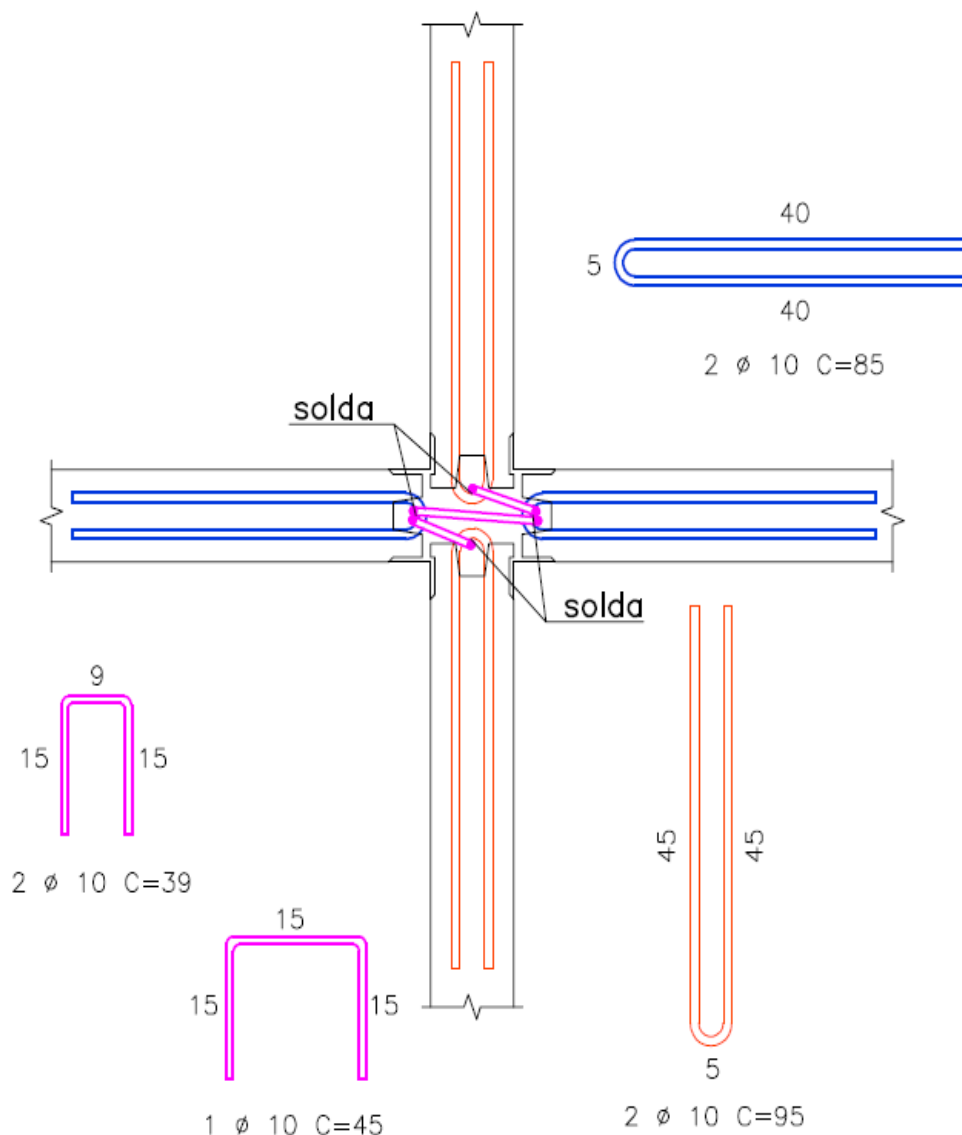
As juntas verticais têm como objetivo, a união dos painéis adjacentes, para execução dessas juntas tratadas como ligações encontram-se nas bordas laterais de cada painel, onde se encontra um rebaixo em toda essa extremidade e armaduras de ligações na extremidade superior e inferior, conforme Figura 07. Nessa área onde é executado o graute, é instalado uma armadura de ligação no formato de "U", com diâmetro de 10mm, onde formam a ligação entre os dois painéis, sendo essa mesma armadura soldada nas armaduras de ligação posicionadas nos painéis, e também nas duas armaduras verticais, que partem da fundação e passam nos rebaixos até chegar no ultimo pavimento caso a edificação possua pavimento tipo, podemos verificar o posicionamento dessas armaduras na Figura 08 (DATec N°007-A, 2014).

Figura 07 – Detalhe das armaduras de ligação e do rebaixo.



Fonte: DATec Nº007-A, 2014.

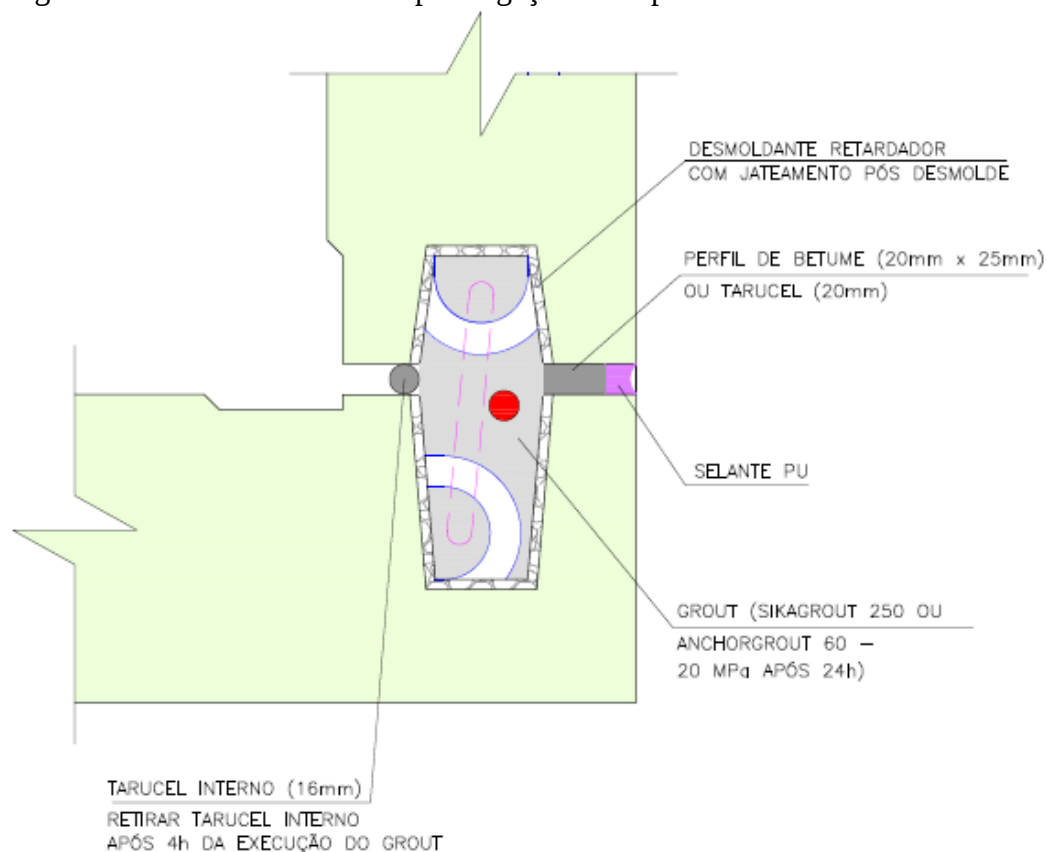
Figura 08 – Detalhe dos pontos de solda e das armaduras de ligação.



Fonte: DATec N°007-A, 2014.

No processo de moldagem de cada painel, são executados os rebaixos, para a execução das ligações, como visto anteriormente, vemos o detalhe do rebaixo na Figura 09, o procedimento de execução do mesmo, consiste na aplicação de desmoldante com retardador de pega na fôrma que molda o rebaixo, sendo assim, na hora da desenforma é aplicado o jateamento de água sobre o rebaixo, o qual passa a ter a superfície lisa removida, ocorrendo a exposição dos agregados, assim gerando uma superfície rugosa com uma maior ponte de aderência entre o graute e o rebaixo do painel (DATec N°007-A, 2014).

Figura 09 – Detalhe do rebaixo para ligação entre painéis.

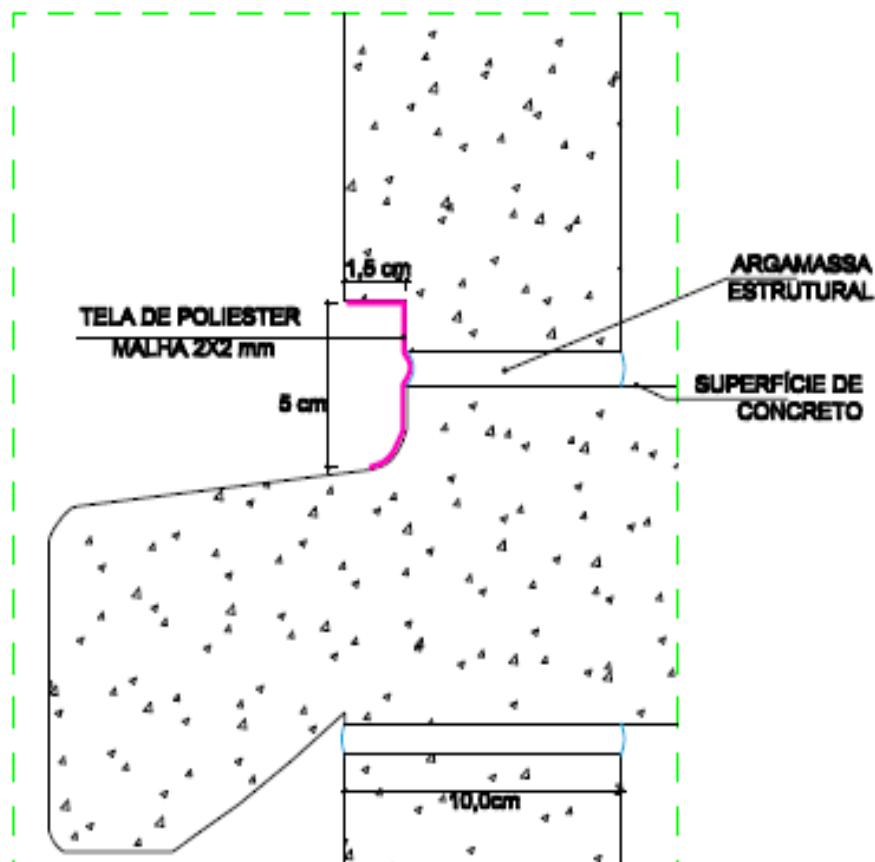


Fonte: DATec N°007-A, 2014.

2.1.3.2. Juntas horizontais

As juntas horizontais são tratadas como ligações entre laje e painel, ou fundação e painel. A execução da mesma é realizada através do assentamento dos elementos sobre argamassa de cimento e areia, e na extremidade da laje onde se encontra a gola, a laje recebe tratamento com tela de poliéster e pintura acrílica, como visto na Figura 10 (DATec N°007-A, 2014).

Figura 10 – Juntas verticais.



Fonte: DATec N°007-A, 2014.

2.1.3.3. Instalação de painéis

Os painéis são instalados sobre uma camada de argamassa, tanto no primeiro pavimento, que sua base é constituída pela fundação do tipo radier, quanto nos demais pavimentos, que é apoiado sobre as lajes maciças, como auxiliam na montagem, são usadas escoras, a instalação dos painéis pode ser visualizada nas figuras 11 e 12. Lembrando que tanto na montagem dos painéis quanto na montagem das lajes, a movimentação é realizada através de equipamentos, seja de movimentação vertical como gruas sobre trilho, como também de guindastes ou caminhões do tipo “munck” (DATec N°007-A, 2014).

Figura 11 – Argamassa para assentamento dos painéis.



Fonte: DATec N°007-A, 2014.

Figura 12 – Instalação das placas com auxílio das escoras.



Fonte: DATec N°007-A, 2014.

Após o posicionamento dos painéis em seu lugar definitivo, o próximo passo é a execução das juntas horizontais através de soldas, como vemos na Figura 13, uma vez que os painéis possuem armaduras de ligação em suas extremidades laterais para a devida fixação e o posterior preenchimento do rebaixo com graute. O detalhe do rebaixo pode ser visto na Figura 14 (DATec N°007-A, 2014).

Figura 13 – Solda das juntas horizontais entre painéis.



Fonte: DATec Nº007-A, 2014.

Figura 14 – Rebaixo nos painéis para execução da junta horizontal.

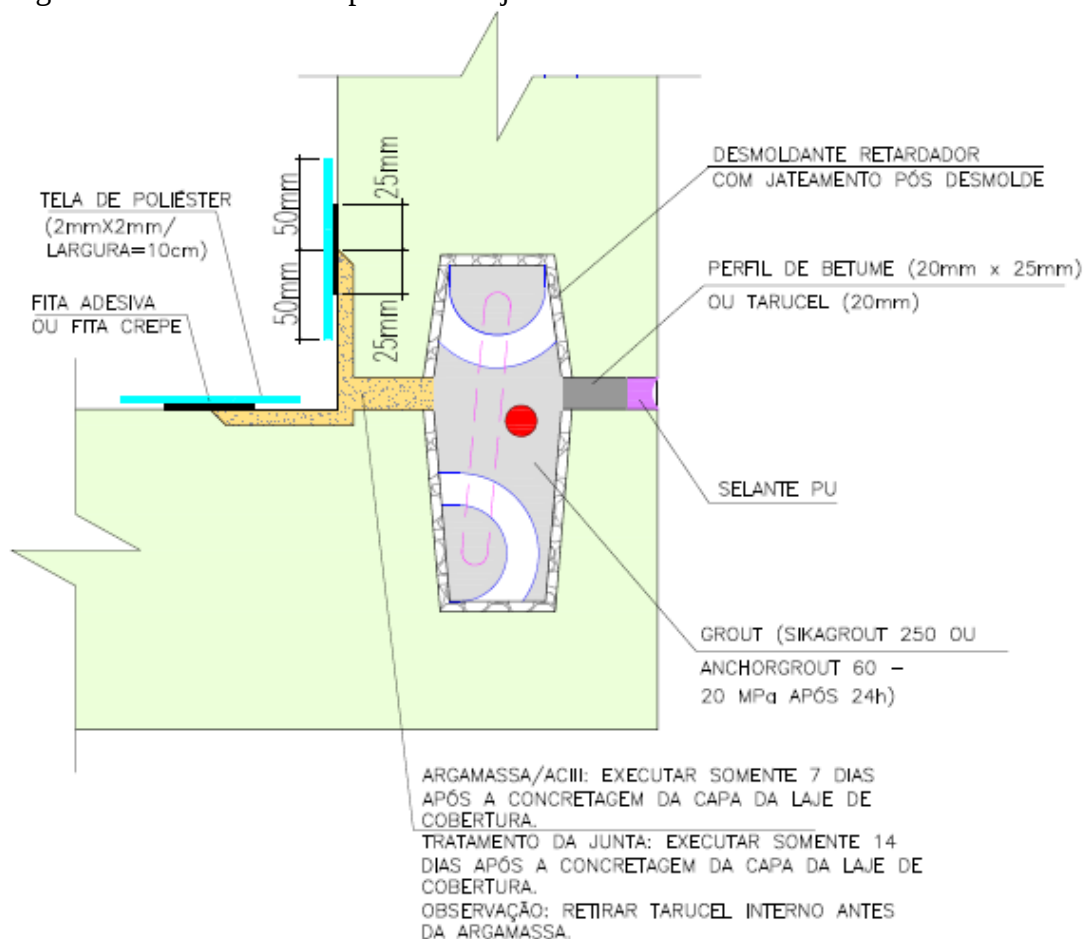


Fonte: DATec Nº007-A, 2014.

Após o grauteamento, cada junta recebe seu devido acabamento superficial, na face interna a superfície recebe tratamento com tela de poliéster e pintura acrílica, sobre aplicação de argamassa AC-III, na face externa, é posicionado o fundo de junto composto de espuma de

polietileno ou perfil de betume, e posteriormente a aplicação de selante poliuretano, a execução dos tratamentos superficiais em juntas é representado em planta na Figura 15 (DATec N°007-A, 2014).

Figura 15 – Tratamento superficial de juntas verticais.



Fonte: DATec N°007-A, 2014.

2.1.3.4. Instalação lajes maciças

Após o término das instalações das paredes, são posicionadas as lajes maciças pré-moldadas de concreto armado, com mesmo processo fabril dos painéis das paredes, porém com particularidades devido a seu comportamento estrutural. As lajes são instaladas sobre os painéis com auxílio de escoras, e sua parte superior recebe um rebaixo que se localiza em seu perímetro que terá ligação com outras lajes, nesse mesmo rebaixo são executadas as armaduras negativas e é feito a concretagem dos mesmos, para posterior remoção das escoras, é possível visualizarmos o processo de instalação das lajes nas Figuras 16 e 17 (DATec N°007-A, 2014).

Figura 16 – Rebaixo das lajes com armadura negativa posicionada.



Fonte: DATec N°007-A, 2014.

Figura 17 – Concretagem dos rebaixos das lajes.



Fonte: DATec N°007-A, 2014.

3 CAPÍTULO

3.1. METODOLOGIA

3.1.1. Tipo de estudo e local da pesquisa

Trata-se de uma análise de uma edificação com uso de painéis maciços pré-moldados de concreto armado e a sua devida fabricação e execução, localizada na cidade de Laranjeiras do Sul - PR, levando em consideração as normativas que regem a fabricação e execução de obras em pré-moldados NBR 9062 (ABNT, 2006) e a avaliação técnica DATec N°007-A (2014) que rege as instruções de produção, execução e uso da obra, certificadas pelo PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat), e pelo SINAT (Sistema Nacional de Avaliações Técnicas).

Trata-se de uma pesquisa do tipo qualitativa, pois serão analisados dados da obra que está sendo estudada, averiguando atentamente as especificações da NBR 6118 (ABNT, 2014), a NBR 9062 (ABNT, 2006), a NBR 15575-2 (ABNT, 2013) e a DATec N°007-A (2014). A coleta de dados busca sugerir possíveis adequações e otimizações da fabricação e montagem da obra na cidade de Laranjeiras do Sul - PR, também pretende verificar quanto da edificação atende os parâmetros de qualidade conforme normas e a avaliação técnica citada anteriormente.

As informações da obra serão obtidas através da construtora, analisando assim se atende os parâmetros normativos.

3.1.2. Caracterização da amostra

O estudo de caso desta pesquisa será realizado em uma edificação de dois pavimentos, que se localiza na Rua Capitão Felix Fleury, na cidade de Laranjeiras do Sul, região sudoeste do estado do Paraná, lote N° 06, quadra n° 105, no Centro. O espaço contém doze apartamentos, os quais totalizam uma área de 365,76 m². Ressaltando que a obra em questão ainda está em fase de execução, como representa a Figura 18, onde pode-se ver a execução da fundação do tipo radier, sendo previsto para término o mês de setembro do ano de 2016.

Figura 18 – Execução da fundação do tipo radier na obra.



Fonte: Autor, 2016.

3.1.3. Coleta de dados

Os dados serão coletados no próprio local da edificação e com acesso ao projeto, assim como executar visitas técnicas ao local da construção que ainda está em execução. Ainda serão utilizados como suporte, pesquisas em livros, artigos, revistas, sites e principalmente a norma da NBR 6118 (ABNT, 2014) a NBR 9062 (ABNT, 2006) e a DATec N°007-A (2014).

O principal objetivo desta pesquisa será coletar o maior número de informações do material pesquisado, com o intuito de saber se o projeto em questão atende os requisitos da NBR 15575-2 (ABNT, 2013), da NBR 6118 (ABNT, 2014), da NBR 9062 (ABNT, 2006) e da avaliação técnica DATec N°007-A (2014), para encontrar modos que possam corrigir os eventuais erros que não atendam as propostas normativas.

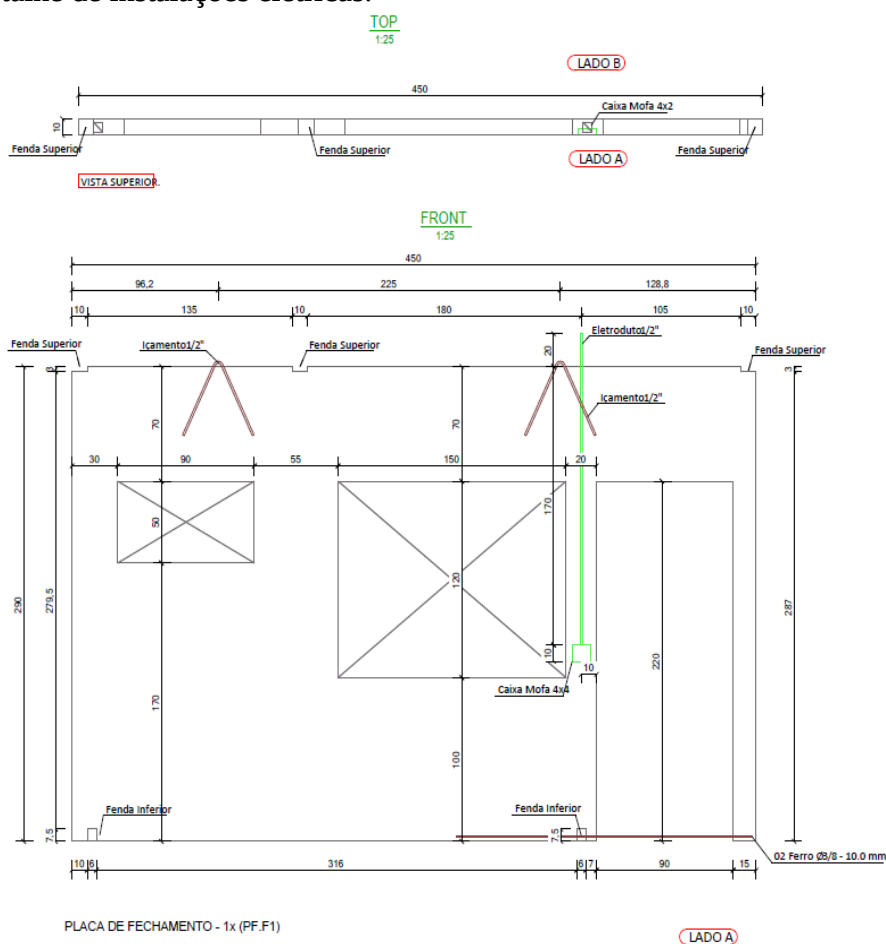
3.1.3.1. Fabricação dos painéis de concreto armado pré-moldado

Os painéis maciços de concreto armado pré-moldado foram produzidos com espessura de 10cm, comprimentos variados conforme solicitado em projeto e alturas de 2,9m para o

pavimento térreo, 2,7m para o pavimento superior, 1,5m para a platibanda e 2,5m para o barrilete da caixa d'água, pode-se verificar a projeção de alguns painéis nas Figuras 19, 20 e 21, e assim podendo entender sua ergonomia e forma.

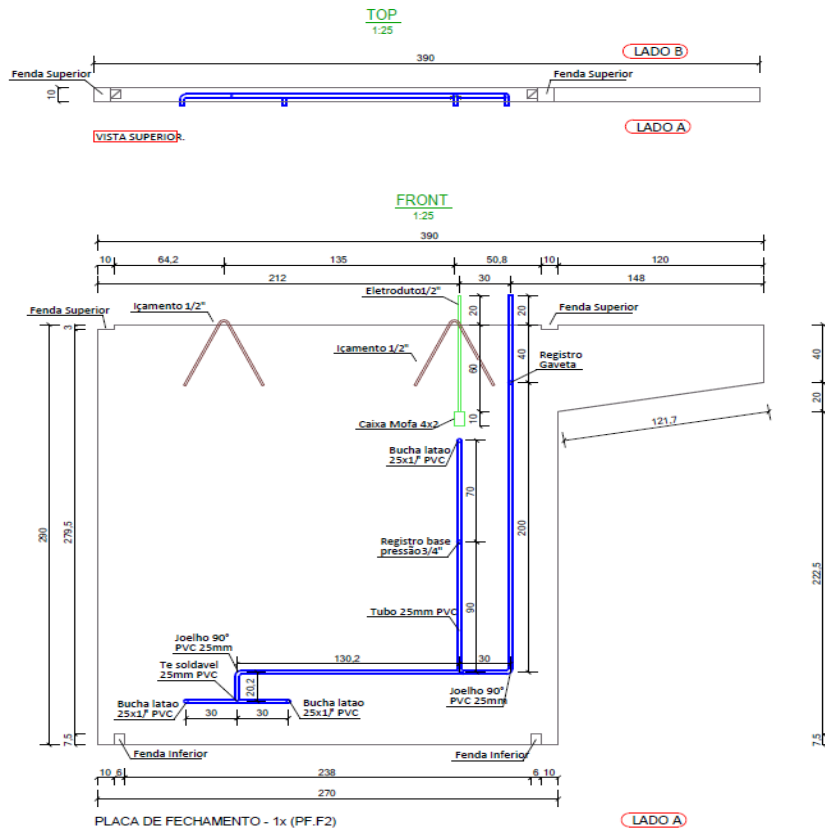
Na fabricação dos painéis foi usado concreto dosado em usina, com resistência à compressão de projeto de 25MPa, e armadura dupla, usando telas de 15cm x 15cm, constituída por fios de 3,4mm CA-60, com resistência característica de escoamento mínimo de $f_{yk}=600\text{MPa}$, além de armaduras longitudinais com fios de 6,3mm e estribos de 6,3mm a cada 60cm, ambos com aço CA-50, que possui uma resistência característica de escoamento mínimo de $f_{yk}=500\text{MPa}$. A projeção da armadura pode ser vista na Figura 22.

Figura 19 – Projeto de painel maciço de concreto armado pré-moldado com aberturas, e detalhe de instalações elétricas.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 20 – Projeto de painel maciço de concreto armado pré-moldado, com detalhes de instalações elétricas e hidráulicas.



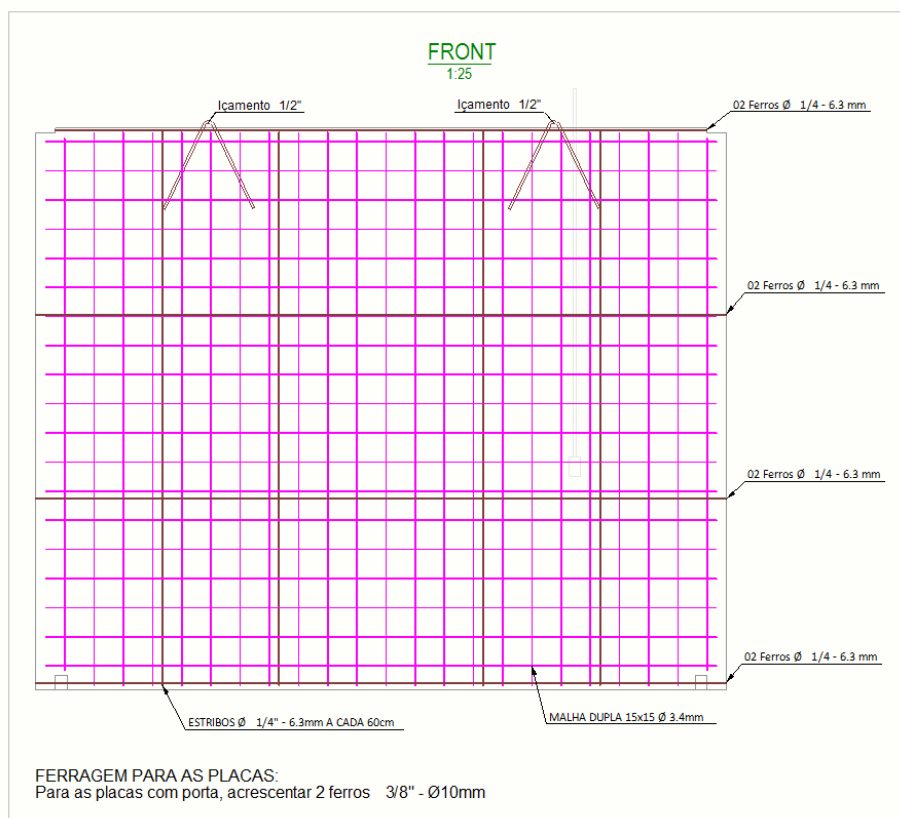
Fonte: Autor, 2016.

Figura 21 – Pannel maciço de concreto armado pré-moldado no estoque da fábrica.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 22 – Projeto de armadura do painel maciço de concreto armado pré-moldado.

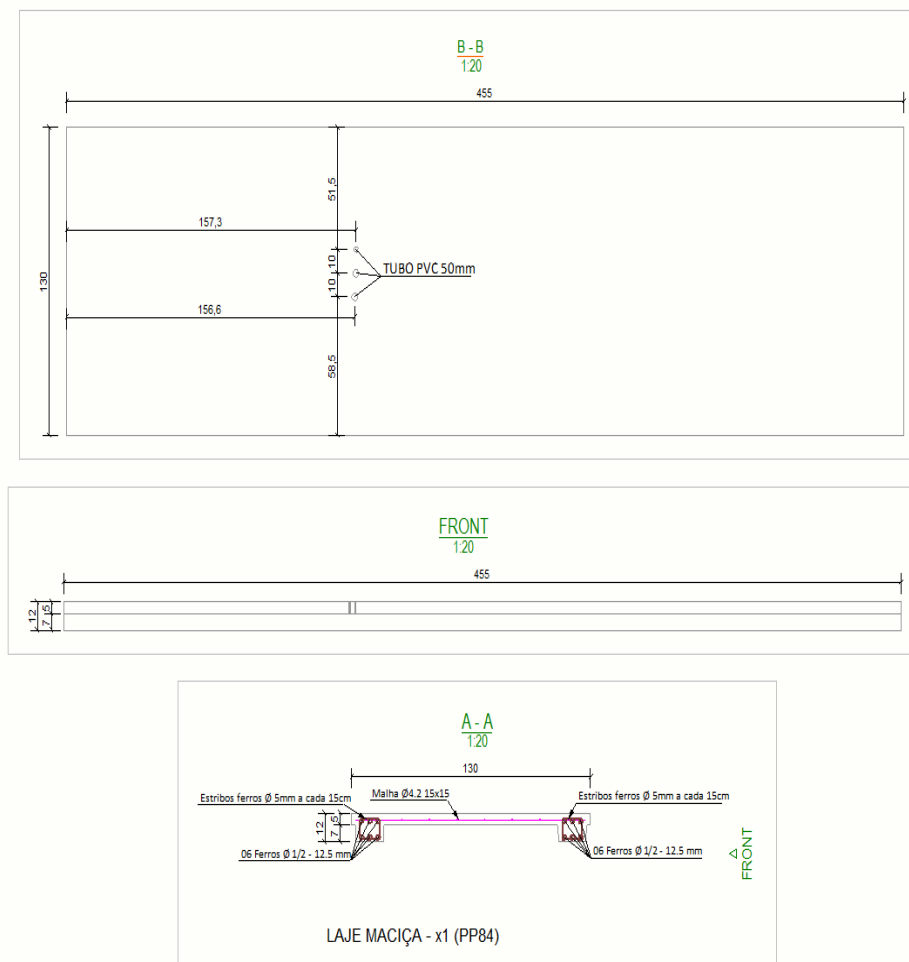


Fonte: Autor, 2016.

3.1.3.2. Fabricação das lajes maciças de concreto armado pré-moldado

As lajes maciças de concreto armado pré-moldado foram produzidas com espessura de 5cm, possuindo vigas auxiliares com seção transversal de 12cm de altura e 15cm de largura no sentido longitudinal, assim como os painéis as lajes foram fabricadas com concreto usinado, com resistência a compressão de projeto de 25MPa. A armadura das lajes, tratam-se de uma armadura simples, constituída por uma tela de 15cm x 15cm, com fios de 4,2mm de aço CA-60, com resistência característica de escoamento mínimo de $f_{yk}=600\text{MPa}$, as vigas auxiliares possuem armaduras constituídas por seis fios de 12,5mm de aço CA-50, com resistência característica de escoamento mínimo de $f_{yk}=500\text{MPa}$, com estribos de 5,0mm a cada 15cm de aço CA-60, a armadura das lajes e sua ergonomia pode ser vista na Figura 23. É importante destacar que os índices físicos dos aços utilizados na fabricação dos painéis e das lajes foram fornecidos pelo fabricante.

Figura 23 – Projeto de laje maciça de concreto armado pré-moldado.



Fonte: Autor, 2016.

3.1.3.3. Concreto

O concreto usado para a fabricação dos painéis e lajes maciças de concreto armado pré-moldado foi dosado na própria fábrica da construtora, que conta com uma usina de concreto com capacidade de produção de 50m³/dia, garantindo a padronização e exatidão nos traços e características físicas do concreto.

O concreto usado na fabricação das peças, possui um traço composto por 380,56 Kg de cimento CP-II-ARI, 819Kg de areia, 848Kg de pedra brita nº 01, e 158 litros de água, sem adição de fibras, com intuito de alcançar resistência a compressão de 25MPa em projeto, peso específico entre 2000kg/m³ a 2800kg/m³ e consistência por espalhamento de no mínimo 600mm.

3.1.3.4. Fôrmas

As peças foram produzidas em fôrmas do tipo horizontal, conforme Figuras 24, 25 e 26. As fôrmas para os painéis contêm peças denominadas por gabaritos, essas com regulagens para executar peças com aberturas, para receber a armadura e concretagem. As fôrmas passam por serviços preliminares de preparação, as mesmas receberam um procedimento de limpeza e a aplicação de desmoldante.

Na introdução da armadura, são posicionados espaçadores que garantem o cobrimento mínimo da armadura, no caso dos projetos, é solicitado 2,5cm, com é visto na Figura 27.

Figura 24 – Fôrma horizontal de painel nas instalações da fábrica.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 25 – Fôrma horizontal de painel com desmoldante aplicado nas instalações da fábrica.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 26 – Fôrma para fabricação de lajes maciças nas instalações da fábrica.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 27 – Fôrma horizontal com armadura e espaçadores instalados.



Fonte: Autor, 2016.

3.1.3.5. Desmoldagem e cura

Após a concretagem das peças, as mesmas ficaram em processo de cura, aguardando desmolde durante 20 horas, onde as mesmas possuem objetivo de alcançar resistência à compressão de 8MPa. Para melhor resultado da cura do concreto, as fôrmas se encontram localizadas em lugares cobertos e protegidos das intempéries do tempo, e para facilitar a desforma as fôrmas possuem suas laterais e gabaritos removíveis.

3.1.3.6. Armazenamento e transporte

Após o processo fabril, as peças são transportadas para o estoque da empresa através de pórticos rolantes. Com auxílio de balancins, os painéis são armazenados em cavaletes metálicos, os quais possuem uma inclinação mínima para o equilíbrio do painel, e que os armazenam na posição mais próxima possível da sua posição definitiva em obra, como visto na Figura 28. Para a movimentação e transporte dos painéis, os mesmos contam com dispositivos de transportes, constituídos por laços de aço de 12,5mm, conforme Figura 29.

Figura 28 – Painéis maciços de concreto armado pré-moldado armazenados.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 29 – Dispositivo de transporte instalado no painel.



Fonte: Autor, 2016.

No caso de traslado, processo de logística que transporta os elementos da fábrica até o local da obra, é realizado através de caminhão do tipo "*munck*", que além de auxiliar na montagem da obra, conta com cavaletes metálicos como na Figura 30.

Figura 30 – Painel em fase de transporte.



Fonte: Autor, 2016.

3.1.3.7. Instalação dos painéis maciços de concreto armado pré-moldado

Os painéis foram instalados com auxílio de caminhão do tipo "*munck*", o qual possui um balancim como equipamento complementar, que possibilita a movimentação da peça de forma equilibrada. A Figura 31 ilustra a movimentação de um painel maciço de concreto armado pré-moldado.

Figura 31 – Movimentação do painel na fase de instalação.



Fonte: Autor, 2016.

No caso do pavimento térreo, quando o radier foi concluído, e no caso do pavimento superior, quando a primeira laje foi concluída, foram executadas camadas de argamassas para posterior posicionamento do painel, como visto nas Figuras 32 e 33.

Figura 32 – Painel sendo instalado sobre argamassa.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 33 – Painel em posição definitiva.



Fonte: Autor, 2016.

Quando o painel foi posicionado em seu lugar definitivo, sendo instaladas nos mesmos escoras e travas metálicas provisórias, e em sua extremidade superior foram instalados fixadores metálicos definitivos de barra de aço chata de seção transversal $1\frac{1}{2} \times 3/16$ " e fixadas através de chumbadores do tipo "*parabolt*" de bitola $1/2 \times 5$ ", que unem uma peça a outra, conforme Figuras 34, 35 e 36 que apresenta com clareza os procedimentos de fixação provisória e definitiva dos painéis.

Figura 34 – Escoramentos provisórios.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 35 – Travas metálicas provisórias.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 36 – Fixadores metálicos definitivos instalados na parte superior dos painéis.



Fonte: Autor, 2016.

3.1.3.8. Instalação das lajes maciças de concreto armado pré-moldado

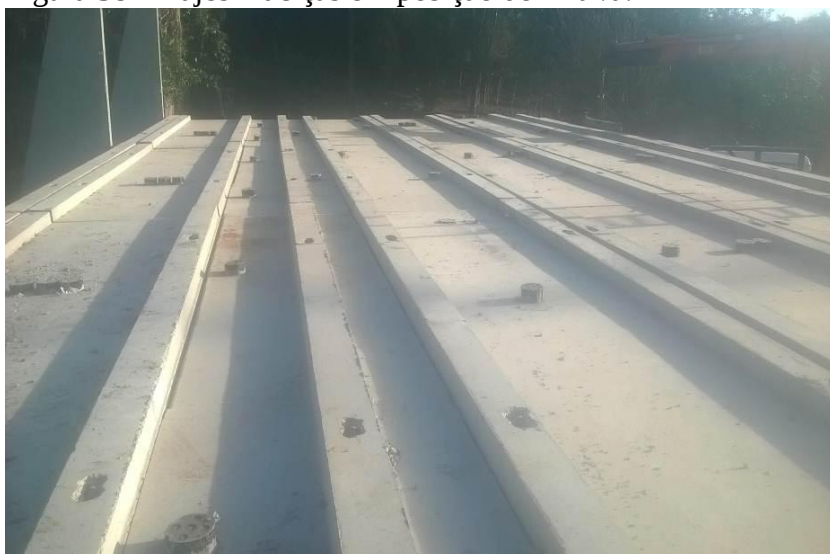
De mesma forma que os painéis, as lajes foram instaladas com auxílio de caminhão do tipo "*munck*", que conta com um balancim como equipamento complementar. Após a total instalação dos painéis maciços de concreto armado pré-moldado do pavimento térreo, representada na Figura 37, e do primeiro pavimento, sucessivamente foram instaladas as lajes maciças de concreto armado pré-moldado, da primeira, e da segunda laje. Conforme projeto as mesmas possuem as caixas mofas, que permitiram a instalação de luminárias no pavimento térreo, conforme Figura 38 que apresenta as lajes instaladas.

Figura 37 – Conclusão das instalações dos painéis no pavimento térreo.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 38 – Lajes maciças em posição definitiva.



Fonte: Autor, 2016.

Posteriormente à instalação das lajes maciças, foram executados vários procedimentos construtivos na mesma, entre esses procedimentos, foram executadas as instalações elétricas e hidráulicas do pavimento anterior, assim como as instalações sanitárias do pavimento em execução, e também os preenchimentos entre as vigas auxiliares com EPS, as quais foram posicionadas para cima, a fim de proporcionar no pavimento anterior, um teto com acabamento liso e livre de saliências, conforme Figura 39.

Figura 39 – Laje com instalações complementares e preenchimentos executados.



Fonte: Autor, 2016.

Após os procedimentos construtivos citados anteriormente, a laje recebeu armadura de tela 15cm x 15cm com fios de 5,0mm, e armaduras negativas de 8,0mm a cada 30cm na região da sacada na primeira laje, e na região da marquise na segunda laje, onde as mesmas terão esforços de momento fletor negativo, consequente de balanço, é possível visualizar as armaduras e etapa da concretagem na Figura 40, e a laje concretada integralmente na Figura 41.

Figura 40 – Laje em etapa de concretagem.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 41 – Laje concretada (primeiro nível).



Fonte: Autor, 2016.

3.1.3.9. Juntas verticais

Após o procedimento de instalação dos painéis e lajes maciças de concreto armado pré-moldado, foram realizados os procedimentos de vedação, esses procedimentos onde pode-se denominar de juntas, no caso das juntas verticais, que é a ligação adjacente entre os painéis, os quais formam a junção entre suas extremidades laterais. Foram executados o preenchimento de fendas não previstas em projeto com argamassa após quinze dias da sua instalação, e conseqüentemente a aplicação de selante poliuretano, a fim de proporcionar um acabamento mais agradável, prevenir fissuras nas juntas e tornar a mesma estanque, conforme Figuras 42, 43 e 44.

Figura 42 – Junta vertical posicionada no canto após instalação dos painéis.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 43 – Junta vertical posicionada no canto finalizada.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 44 – Junta vertical finalizada.



Fonte: Autor, 2016.

3.1.3.10. Juntas horizontais

As juntas horizontais tratam-se da junção entre os painéis e as lajes. Na obra a junção foi executada aplicando-se uma camada de argamassa de assentamento na superfície superior do painel, para posterior instalação da laje, assim como a argamassa de assentamento foi aplicado sobre a laje, para instalação do painel no pavimento superior, como visto na Figura 45.

Figura 45 – Junta horizontal, após instalação dos painéis e lajes.



Fonte: Autor, 2016.

Após a instalação dos painéis e lajes, onde tomou forma a junta horizontal, a superfície na região da junção recebeu tratamento superficial para remoção de saliências consequentes da concretagem da laje, e posteriormente foi aplicado selante poliuretano com intuito de prevenir fissuras e tornar a junta estanque, como pode ser visualizado na Figura 46.

Figura 46 – Junta horizontal finalizada.



Fonte: Autor, 2016.

Após o procedimento de execução das juntas verticais e horizontais, a edificação está apta a receber tratamento superficial com massa corrida acrílica na parte externa, massa corrida PVA na parte interna, e pintura acrílica.

3.1.4. Análise dos dados

Após se obter todas as informações, foi realizada a análise, verificando se a edificação atende todos os requisitos normativos presentes nas NBR 6118 (ABNT, 2014), NBR 9062 (ABNT, 2006), NBR 15575 (ABNT, 2013) e na DATEC N°007-A (2014). Na etapa fabril foi conferido o ensaio de consistência do concreto fresco (NBR NM 67, ABNT, 1998), obtenção do peso específico, ensaio de resistência à compressão do concreto endurecido (NBR 5739, ABNT, 2007) após período de cura e desforma, aos 28 dias, movimentação e serviço e se o concreto atende as normativas e solicitações de projeto de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014) e NBR 15575 (ABNT, 2013), também foi conferido se as armaduras usadas para a execução dos painéis e lajes atendem a avaliação técnica e se os materiais aplicados atendem as especificações normativas de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013), e após moldagem dos elementos foram analisados métodos de manuseio e armazenamento e verificação dos mesmos com a NBR 9062 (ABNT, 2013). Já na etapa de montagem da edificação foi

conferida através de visitas técnicas a obra, registros fotográficos e projetos cedidos pela construtora à conformidade do método de execução com a DATEC N°007-A (2014). Caso o projeto não atenda todas as exigências, serão propostas melhorias para aperfeiçoar a fabricação e a montagem de futuras edificações que adotam o sistema construtivo com uso de painéis maciços pré-moldados de concreto armado. A análise dos dados é relatada no Quadro dos itens avaliados, encontrada no Apêndice A.

4 CAPÍTULO

4.1. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1. Fabricação dos painéis maciços de concreto armado pré-moldado

Os procedimentos adotados quanto à fabricação dos painéis maciços de concreto pré-moldado atende em partes os requisitos prescritos na avaliação técnica DATEC N°007-A.

Ao acompanhar a produção dos painéis, foi verificado que o mesmo foi fabricado com concreto dosado em usina, com resistência característica a compressão de projeto de f_{ck} de 25MPa, espessura de 10cm, e com armaduras de acordo com o previsto em projeto, procedimento esses, de acordo com as normativas NBR 15575-2 (ABNT, 2013), NBR 6118 (ABNT, 2014), NBR 9062 (ABNT, 2006), NBR 7481 (1990) e com a avaliação técnica DATEC N°007-A.

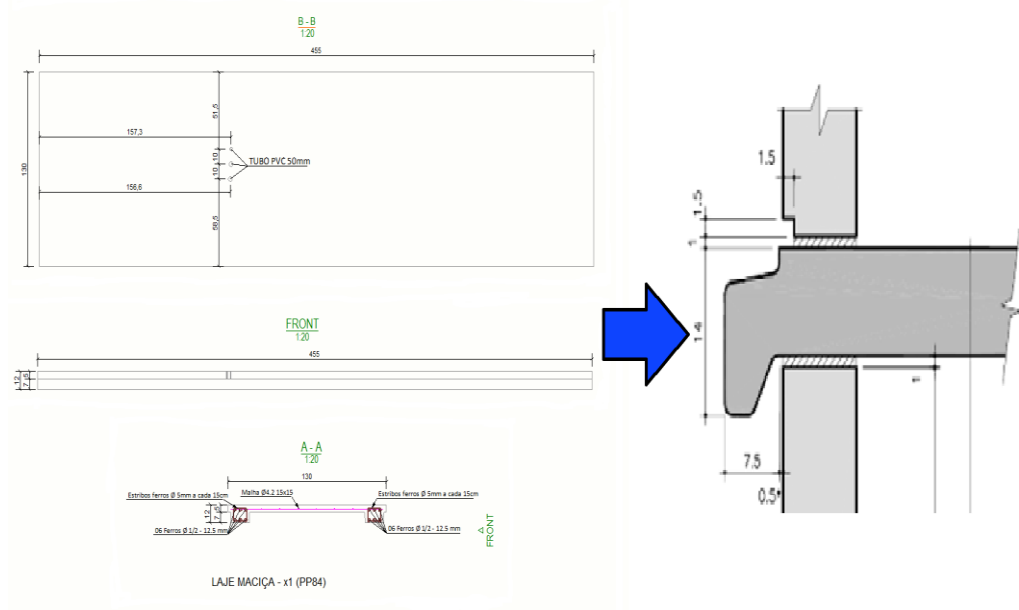
Porém, na fabricação dos painéis não foram executados os rebaixos para execução de juntas verticais, previstas na avaliação técnica DATEC N°007-A.

4.1.2. Fabricação das lajes maciças de concreto armado pré-moldado

As lajes maciças de concreto armado pré-moldado foram fabricadas em concreto com resistência característica à compressão de projeto de f_{ck} de 25MPa, assim como os painéis, e usando armaduras dimensionadas em projeto estrutural, assim obedecendo os parâmetros normativos das normas NBR 15575-2 (ABNT, 2013), NBR 6118 (ABNT, 2014), NBR 9062 (ABNT, 2006), NBR 7481 (1990).

Pode-se notar claramente na Figura 47, a diferença ergonômica da laje projetada e executada pela construtora, com a laje aprovada e proposta pela avaliação técnica DATEC N°007-A. A laje foi executada com espessura de 5cm e vigas longitudinais, enquanto a avaliação técnica propõe laje de espessura igual a 9cm, com rebaixos para execução de armaduras negativas nas junções entre lajes, e com gola para fins de estanqueidade nas bordas das lajes perimetrais da edificação, entretanto, pode-se dizer que em quesitos ergonômicos a laje executada não atende aos parâmetros da avaliação técnica.

Figura 47 – Comparação entre laje executada e laje aprovada pela DATec N°007-A.



Fonte: Autor, 2016.

4.1.3. Concreto

O concreto utilizado na fabricação dos painéis e lajes maciças de concreto armado pré-moldado, tem em sua especificação de projeto resistência característica a compressão em desforma de 8MPa, e em 28 dias de 25MPa, contudo, em ensaios de compressão de corpos de provas cilíndricos, ficou claro que a resistência de desforma, ou seja, resistência em 8 horas de cura, o concreto atingiu resistência média de 6,8MPa, em sua resistência com 3 e 7 dias de cura, resistência solicitada para movimentação e serviço, atingiu resistências médias de 14,49MPa e 17,88MPa, e em resistência final, ao tempo de 28 dias, atingiu resistência de 23,02MPa, como pode ser visualizado no relatório do ensaio, conforme Figura 48.

Além do ensaio de compressão em corpos de provas cilíndricos, foi realizado ensaio de consistência por espalhamento, o qual atingiu a marca de 534mm, não alcançando os desejados 600mm. E também foi obtido resultado de peso específico do concreto, de aproximadamente 2450kg/m³.

Mesmo o concreto não atingindo sua resistência de projeto, resistência mínima e as demais características físicas segundo a NBR 15575-2 (ABNT, 2013), e a NBR 6118 (ABNT, 2014) o mesmo foi considerado aceitável para a fabricação das peças.

Figura 48 – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.


RELATÓRIO DE ENSAIO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO

REDE SENAI PR DE LABORATÓRIOS
CONSTRUÇÃO CIVIL

RELATÓRIO DE ENSAIO N° 1025 / 2016 Data: **11/07/2016**

Cliente: Nilson Ebert & Cia Ltda - ME Código do cliente: **07718/2016**
 Endereço: Rod Br 277, S/N, Km 452, CEP 85303-495 Cidade/Estado: Laranjeiras Do Sul - PR
 Ficha de recebimento de amostras N°: 228/2016 Data de recebimento: 14/06/2016

1. DADOS DA AMOSTRA

Identificação geral: Usina

Identificação do lote/ peça:

Data da amostragem (moldagem): 13/06/2016 Quantidade: 12

Especificações adicionais da amostra:

Documentos de referência: N/A

2. RESULTADOS DO ENSAIO

Método: **NBR 5739** Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos

Identificação da amostra	Série Laboratório	Número do Trabalho (Tesc)	Diâmetro (mm)	Altura (mm)	Data Moldagem	Data Ensaio	Resistência de Projeto f_{ck} (MPa)	Resistência dos corpos de prova (MPa)	Resistência do Exemplar (MPa)	Idade (Dias)
Corpo de prova 1	1043	6027	100,7	181,9	13/06/2016	14/06/2016	25	6,80	6,80	1
Corpo de prova 2			99,4	190,1				6,73		
Corpo de prova 3			99,4	192,9				6,80		
Corpo de prova 4		6085	99,9	194,8		16/06/2016		14,49	14,49	3
Corpo de prova 5			99,9	195,1				13,45		
Corpo de prova 6			100,1	194,7				13,46		
Corpo de prova 7		6111	99,3	192,7		20/06/2016		15,68	17,88	7
Corpo de prova 8			99,6	196,0				17,88		
Corpo de prova 9			99,6	196,3				16,95		
Corpo de prova 10		6519	99,4	194,5		11/07/2016		22,46	23,02	28
Corpo de prova 11			99,4	195,0				23,02		
Corpo de prova 12			99,3	195,8				21,16		

3. REFERÊNCIAS

1. **NBR 5738: 2015** - Procedimento de moldagem e cura de corpos-de-prova

2. **NBR 5739:2007** - Ensaio de compressão em corpos-de-prova cilíndricos

4. OBSERVAÇÕES

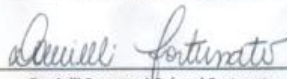
4.1 Responsabilidade pela amostragem: ☒ Cliente ☐ Laboratório

4.2 Sistema de cura: tanques de cura úmida

4.3 Sistema de capeamento: ☒ Retífica ☐ Neoprene ☐ Outro: _____

4.4 Padrão utilizado: Prensa Servo Controlada - modelo PC 200CS - marca EMIC - Classe I - número identificação 106288

RESPONSÁVEL TÉCNICO


Danielli Possamai Colpani Fortunato
 Eng. civil - CREA PR 100.864 / D

Rua Heitor Stockler de França, 161 | 85819-760 | Cascavel-PR | 45 3220-5422 | senaipr.org.br | danielli.fortunato@pr.senai.br

Os resultados contidos nesse relatório referem-se somente à amostra ensaiada. É permitida somente a reprodução integral desse relatório.

RSG - 016-02/01

pág. 1/1

4.1.4. Fôrmas

As fôrmas usadas para fabricação dos painéis e lajes maciças de concreto armado pré-moldado estão em conformidade com a NBR 9062 (ABNT, 2006), sendo que as mesmas passaram por procedimentos corretos de limpeza e de aplicações de desmoldante, aplicação de espaçadores nas armaduras, além de ter passado por controles rígidos de qualidade, os quais aferem suas dimensões, a fim de produzir peças com exatidão em relação às dimensões especificadas em projetos.

4.1.5. Desmoldagem e cura

A desmoldagem realizada na fabricação dos painéis e das lajes foi efetuada de acordo com o especificado na NBR 9062 (ABNT, 2006), uma vez que foi respeitado o tempo de cura mínimo de 8 horas, tempo suficiente para o concreto atingir resistência a permitir a remoção das peças da fôrma, serviços e movimentações.

O processo de cura inicial do concreto ocorreu em condições aceitáveis de acordo com a NBR 9062 (ABNT, 2006), pelo fato de ser realizada em local coberto e protegido das intempéries.

4.1.6. Armazenamento e transporte

Através do acompanhamento foi possível notar que os procedimentos de armazenamento e transporte foram efetuados adequadamente, sendo que os painéis foram armazenados sobre estruturas metálicas apropriadas.

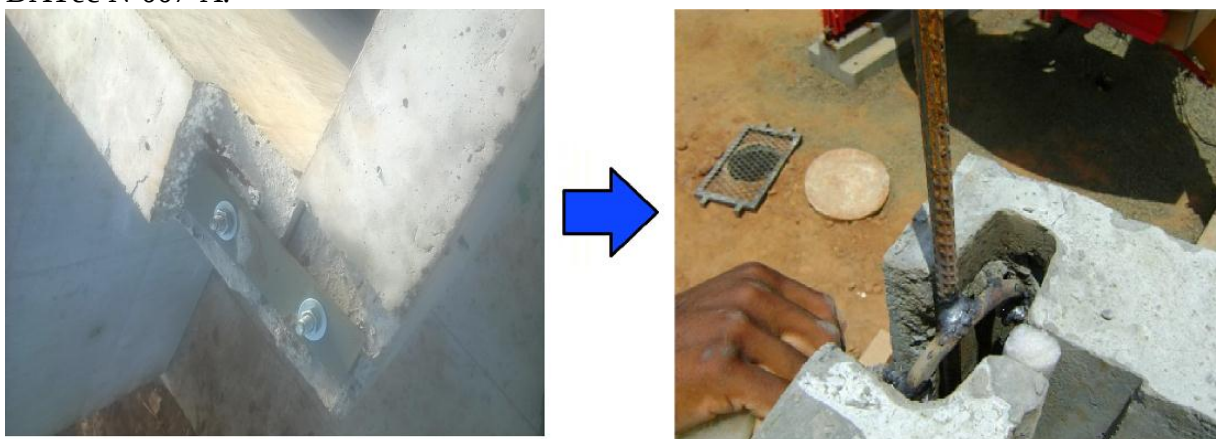
O transporte e a movimentação interna foram feitos com equipamentos adequados, para auxílio na unidade fabril foram usados pórticos rolantes com balancins, e para traslado e instalação das peças, caminhão do tipo "*munck*".

Contudo, ficou evidente que os procedimentos atenderam as normativas, no caso a NBR 9062 (ABNT, 2006) e a avaliação técnica DATEC N°007-A.

4.1.7. Instalação dos painéis maciços de concreto armado pré-moldado

A instalação dos painéis atende em partes a avaliação técnica DATEC N°007-A. Ao acompanhar a montagem da obra, notou-se que alguns procedimentos foram omissos perante a avaliação que a compete, apesar de o painel ser instalado sobre camada de argamassa e com escoramentos executados corretamente, procedimentos esses exigidos pela avaliação. Foi notado que ao instalar as peças, não foi executado as juntas verticais adequadas, fixando os painéis de forma diferente, conforme Figura 49, onde foi executado uma fixação superior com chapa metálica de seção transversal 1.1/2"x3/16" com chumbadores do tipo "*parabolt*", enquanto a avaliação solicita a execução de solda em armaduras de ligações e de preenchimento com graute nos rebaixos.

Figura 49 – Comparação da instalação de painéis executados e instalações aprovadas pela DATec N°007-A.



Fonte: Autor, 2016.

4.1.8. Instalação das lajes maciças de concreto armado pré-moldado

Tanto a instalação das lajes, quanto a forma em que foi fabricada, difere-se do proposto pela avaliação técnica DATEC N°007-A, sendo que as mesmas não possuem a ergonomia solicitada. Além disso, na instalação não foram executadas as armaduras negativas nas junções das lajes, Na Figura 50 podem ser comparados os procedimentos de instalação.

Figura 50 – Comparação da instalação das lajes executadas e instalações aprovadas pela DATec N°007-A.



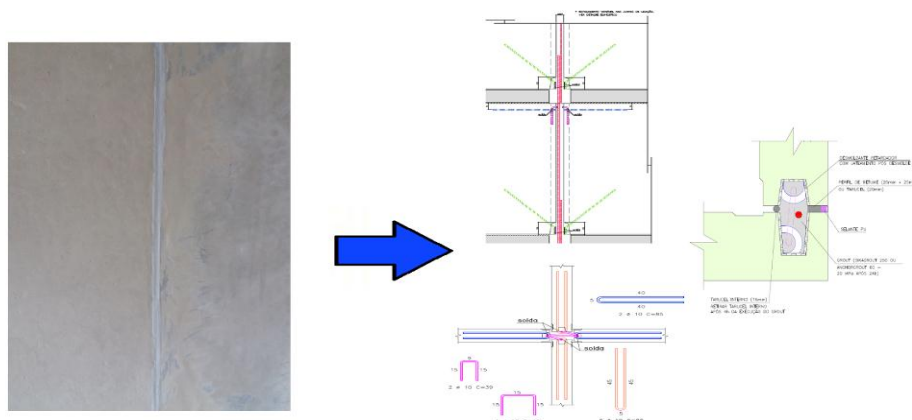
Fonte: Autor, 2016

4.1.9. Juntas verticais

As juntas verticais executadas na obra, não possuem armaduras de ligações e a aplicação do graute no rebaixo dos painéis solicitadas na avaliação técnica DATEC N°007-A, contudo foi realizada a aplicação do selante poliuretano no processo de tratamento superficial, o qual atendeu parcialmente a avaliação, pois não foi executada a instalação da tela de poliéster, conforme procedimentos apresentados na Figura 51.

A etapa de pintura e emulsão acrílica não pode ser avaliada, sendo que não foi a construtora que executou esta etapa.

Figura 51 – Comparação das juntas verticais executadas e juntas aprovadas pela DATec N°007-A.



Fonte: Autor, 2016.

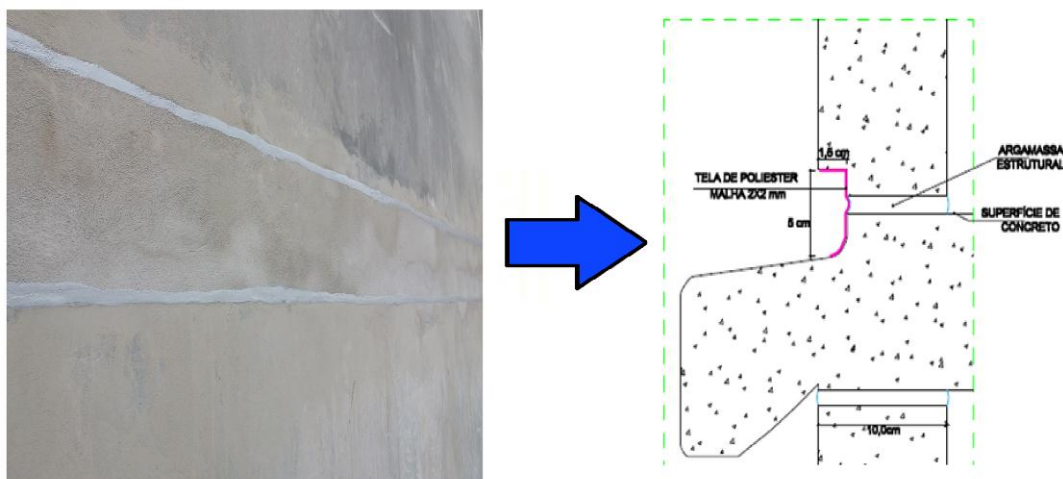
4.1.10. Juntas horizontais

As juntas horizontais foram executadas de forma que o painel inferior recebesse uma camada de argamassa em sua parte superior, para posterior instalação das lajes que receberam também, em sua parte superior outra camada de argamassa, para posterior instalação do painel superior, formando então a junta horizontal, que teve tratamento superficial para remoção de saliências consequentes da concretagem da laje, a aplicação de selante poliuretano, procedimentos esses que atendem aos requisitos da avaliação técnica DATEC N°007-A, contudo, não foram executadas as aplicações de tela de poliéster, prevista na avaliação, nem executadas as golas nas lajes perimetrais comprometendo a estanqueidade da edificação. Segundo a avaliação técnica, esse fator faz com que a edificação não atenda os parâmetros de qualidade propostos na NBR 15575-2 (ABNT, 2013).

Entretanto, é evidente que as juntas horizontais executadas atendem parcialmente a avaliação técnica que a compete, conforme procedimentos apresentados na Figura 52.

É importante salientar que a etapa de pintura e emulsão acrílica não pode ser avaliada, visto que a execução desta etapa não foi realizada pela construtora.

Figura 52 – Comparação das juntas horizontais executadas e juntas aprovadas pela DATec N°007-A.



Fonte: Autor, 2016.

4.1.11. Resumo da avaliação da obra

É evidente que a execução da edificação, foi realizada com êxito, garantindo estabilidade e conforto, atendendo parcialmente as normativas e a avaliação que as compete.

Observa-se o Quadro dos itens avaliados no Apêndice A, e nota-se que 62,5% dos itens avaliados atendem aos parâmetros normativos e da avaliação técnica. É importante frisar que os itens não atendidos são de extrema importância para a execução do sistema construtivo com painéis maciços de concreto armado pré-moldado.

5 CAPÍTULO

5.1. CONCLUSÕES

A partir dos itens avaliados, foram obtidos resultados de suma importância em relação aos processos fabris e construtivos da edificação, como parâmetros numéricos, podemos considerar um total de 32 itens avaliados.

Dos 32 itens avaliados, 20 são os itens que atendem as especificações normativas e técnicas, sendo eles: Configuração das armaduras dos painéis, ergonomia dos painéis, configuração das armaduras das lajes, tipo de aço utilizado nos painéis, tipo de aço utilizado nas lajes, resistência do aço utilizado na fabricação dos elementos, peso específico do concreto, tipo de fôrma utilizada na fabricação, aplicação adequada de desmoldante na fôrma, instalações de espaçadores na fôrma, tempo para desmolde, condições de cura, condições de armazenamento, movimentação interna, traslado, execução de argamassa de assentamento na instalação dos painéis, escoramentos dos painéis, escoramento das lajes, aplicação de selante poliuretano nas juntas verticais e execução de argamassa de assentamento nas juntas horizontais.

Outrora são 12, os itens avaliados que não atendem as especificações normativas, sendo eles: Rebaixo para execução das juntas nos painéis, ergonomia das lajes, gola das lajes, rebaixo para instalação das armaduras negativas das lajes, resistência à compressão característica do concreto, consistência por espalhamento do concreto, resistência do concreto no processo de desmolde, execução das armaduras de ligações nas instalações dos painéis, aplicação de graute na instalação dos painéis, execução das armaduras negativas na instalação das lajes, aplicação de tela poliéster nas juntas verticais e aplicação de tela poliéster nas juntas horizontais.

Contudo, foram avaliados 32 itens, sendo 20 itens que atendem as especificações normativas que as competem e as especificações da avaliação técnica, e 12 itens, que foram executados de forma incorreta não atendendo as especificações normativas e da avaliação técnica. Podemos então, concluir que 62,5% dos procedimentos foram executados corretamente, entretanto, não se pode desconsiderar os itens que não atenderam as especificações, pois são de extrema importância e podem comprometer a qualidade da edificação.

Pode-se considerar com a evidência dos fatos a suma importância da realização do trabalho, o qual possibilitou o levantamento de informações relevantes da edificação abordando o seu sistema fabril e construtivo, e proporcionando maior entendimento sobre o assunto. Foram analisados os procedimentos em detalhes minuciosos, considerando fatores importantes embasados em normativas e na avaliação técnica que compete o sistema construtivo abordado, identificando as características dos métodos usados, dos materiais utilizados e da edificação em geral, relatando-os e comparando-os com os procedimentos normativos e da avaliação técnica, analisando os resultados, e enfatizando os itens não cumpridos, assim aferindo a conformidade da edificação e sugerindo através dos relatos correções no procedimento, visando melhorar a qualidade das futuras edificações.

A utilização de painéis maciços pré-moldados de concreto armado cresce gradativamente na construção civil, mais precisamente na linha habitacional, sendo importante o seu entendimento e domínio, visando a viabilidade da aplicação do sistema construtivo aliando qualidade, segurança e economia.

6 CAPÍTULO

6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como o intuito de obter-se continuidade ao trabalho desenvolvido, seria de relevância sua continuidade abordando outros temas como:

- Comparação do custo entre edificação de painéis maciços pré-moldados de concreto armado e edificações convencionais.
- Patologias decorrentes em edificações de painéis maciços pré-moldados de concreto armado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas em concreto. – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 7481**: Tela de aço soldada – armadura para concreto. Rio de Janeiro, 1990.

_____. **NBR 9062**: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 15575-2/2013**: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013.

BENIGNO SILVA, FERNANDO. **Painéis estruturais pré-moldados maciços de concreto armado para execução de paredes**. Disponível em <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/180/artigo286898-1.aspx>> Acesso em: 25 mar. 2016.

DOCUMENTO DE AVALIAÇÃO TÉCNICA – DATec N 007, 2014 – IPT – Instituto de pesquisas tecnológicas: **“Painéis pré-moldados maciços de concreto armado para execução de paredes – ROSSI”**. São Paulo, 2014.

DIRETRIZ SINAT N° 002 – **“Sistemas construtivos integrados por painéis pré-moldados para emprego como paredes de edifícios habitacionais”**, Revisão 01, publicada em julho de 2012.

FORMATEC. **Fôrmas para painéis habitacionais**. Disponível em <<http://www.formatecformas.com.br/portfolio-item/tipo-bateria-para-placas/>> Acesso em: 25 mai. 2016.

FRANCO, CARLOS. **Pré-fabricado exige rigor no controle de qualidade**. Disponível em <<http://www.cimentoitambe.com.br/pre-fabricado-controle-de-qualidade/>> Acesso em: 27 mar. 2016.

KHALIL EL DEBS, MOUNIR. **Concreto pré-moldado – Fundamentos e aplicações**. São Paulo, Sp: Rima, 2000.

APÊNDICE A

Quadro 01 – Itens avaliados na fabricação e execução da obra.

Procedimento		Solicitado em normas ou avaliação técnica especificada no capítulo 2	Executado em obra	Atende ou não atende
Fabricação dos painéis	Armadura	Armadura simples de tela 15 x 15cm com fios de 3,8mm, ou armadura dupla de tela 15 x 15cm com fios de 3,4mm.	Armadura dupla de tela 15 x 15cm com fios de 4,2mm, com adição de armaduras longitudinais e estribos.	Atende
	Ergonomia	Espessura de 10cm	Espessura de 10cm	Atende
	Rebaixos para execução de juntas verticais	Prever em projeto e executar, para junção dos painéis.	Não executado	Não atende
Fabricação das lajes	Armadura	Especificada de acordo com projeto	Dimensionada de acordo com projeto estrutural	Atende
	Ergonomia	Espessura de 9cm	Espessura de 5cm com vigas	Não atende
	Gola	Executar gola especificada na de 7,5x15cm	Não executada	Não atende

	Rebaixo para concretagem de armaduras negativas	Prever em projeto e executar na fabricação	Não executado	Não atende
Armadura	Material utilizado nos painéis	Aço CA-50 ou aço CA-60	Aço CA-50 e AÇO CA-60	Atende
	Material utilizado nas lajes	Aço CA-50 ou aço CA-60	Aço CA-50 e AÇO CA-60	Atende
	Resistência característica de escoamento mínimo	Fyk=500MPa ou fyk=600MPa	Fyk=500MPa e fyk=600MPa	Atende
Concreto	Resistência característica a compressão específica	8 horas=8MPa, 3 dias=16MPa, 7 dias=18MPa e 28 dias=25MPa	8 horas=6,8MPa, 3 dias=14,49MPa, 7 dias=17,88MPa e 28 dias=23,02MPa	Não atende*
	Consistência por espalhamento "Slump test"	Mínimo 600mm	534mm	Não atende**
	Peso específico	2000kg/m ³ a 2800kg/m ³	Aproximadamente 2450kg/m ³	Atende
Fôrma	Tipo de fôrma	Tipo bateria ou horizontal	Horizontal	Atende
	Aplicação de desmoldante	Executar antes de receber a armadura	Executado	Atende
	Instalação de espaçadores	Executar antes de receber a concretagem	Executado	Atende

Cura e desmolde	Tempo para desmolde	8 horas	8 horas	Atende
	Resistência no desmolde	8 MPa	6,8 Mpa	Não Atende*
	Condições de cura	Ambiente coberto e protegido das intempéries do tempo	Ambiente coberto e protegido das intempéries do tempo	Atende
Armazenamento e transporte	Condições de armazenamento	Armazenamento em cavaletes metálicos adequados	Armazenamento em cavaletes metálicos adequados	Atende
	Movimentação interna	Com auxílio de equipamentos adequados	Com auxílio de equipamentos adequados	Atende
	Translado	Com auxílio de equipamentos adequados	Com auxílio de equipamentos adequados	Atende
Instalação dos painéis	Execução de argamassa de assentamento	Executar argamassa antes da instalação dos painéis	Executada	Atende
	Armaduras de ligações	Soldar armaduras para junção dos painéis	Não executada	Não atende
	Aplicação de graute	Aplicar graute nos rebaixos das juntas verticais	Não executada	Não atende
	Escoramentos	Escoramentos provisórios	Escoramentos provisórios	Atende

Instalação das lajes maciças	Execução de armaduras negativas	Instalar armaduras negativas nos rebaixos das lajes	Não executada	Não atende
	Escoramentos	Escoramentos provisórios	Escoramentos provisórios	Atende
Juntas verticais	Aplicação de tela de poliéster	Executar tratamento superficial e tela de poliéster	Não executada	Não atende
	Aplicação de selante poliuretano	Executar após sete dias da instalação dos painéis	Executado após quinze dias da instalação dos painéis	Atende
Juntas horizontais	Argamassas de assentamento	Executar argamassa para posterior instalação das peças	Executado	Atende
	Aplicação de tela de poliéster	Executar tratamento superficial e tela de poliéster	Não executada	Não atende

Fonte: Autor 2016.

* As resistências atingidas nos ensaios de corpos de provas cilíndricos, apesar de não atingir a resistência desejada, são aceitáveis para a fabricação dos painéis e lajes maciças de concreto armado pré-moldado.

** A consistência por espalhamento, obtida no ensaio de "*slump test*", apesar de não atingir o previsto em projeto, é aceitável para a fabricação dos painéis e lajes maciças de concreto armado pré-moldado.