

1. INTRODUÇÃO

No ano de 2000, analisando o sistema de execução de lajes de concreto armado e protendido usados normalmente, observou uma série de deficiências, entre elas, precariedade, falta de segurança, improdutividade, desperdício de materiais e altos custos envolvidos no processo. Concluiu então que esses sistemas executivos estavam prejudicando a tecnologia do concreto, e decidiu investir em um novo que viria a contribuir com o avanço tecnológico da engenharia.

Desde sua fundação até os dias de hoje, a empresa desenvolveu uma série de produtos e sistemas para execução de estruturas. Visando desenvolver um novo sistema estrutural para lajes protendidas, sempre aliando o ganho da produtividade com o respeito ao meio ambiente, observou-se duas soluções amplamente aplicadas no mercado: as lajes maciças protendidas e as lajes nervuradas protendida. Após essa análise, foi possível criar o novo sistema Pavplus, que extrai os pontos fortes de cada um dos dois sistemas citados anteriormente para uma única solução. Essa inovação alia a baixa taxa de aço e os rápidos processos de execução da laje maciça modularizada, com a economia de concreto da laje nervurada.

2. CONCEITO

O conceito do Sistema baseia-se em vários critérios, são eles:

- Facilidade de manuseio (não requer mão de obra especializada);
- Simplicidade;
- Segurança;
- Acesso facilitado com a redução do número de escoras;
- Leveza devido ao baixo peso dos componentes;
- Rapidez devido ao tempo reduzido no manuseio de montagem, desmontagem e transporte;
- Economia de mão de obra devido o número reduzido de elementos e operários na montagem, desmontagem e manuseio na operação;
- Economia de material devido aplicação das caixas plásticas economizadoras de concreto na modulação de 61 x 61 cm que por possuírem nervuras protendidas a cada 61

cm, possibilita a utilização de uma tela modularizada para armadura positiva mínima e dispensa a necessidade da armadura de mesa;

- Reescoramento, onde a longarina principal fica em contato permanente com o concreto até que atinja a resistência;
- Reutilização;
- Sustentável, preservando o meio ambiente.

3. DESCRIÇÃO DO PRODUTO

O Sistema PavPlus é composto pelas peças descritas no Anexo 1.

Escoramento:

O sistema não oferece escoras ou torres verticais, no entanto já possui o encaixe previsto para escoras-telescópicas amplamente comercializadas no mercado. Esse sistema exige:

- Carga máxima admissível sistema: 625 kg/m²;
- Distância máxima admissível entre escoras sem o uso de torres no sentido da Longarina Principal: 0,90 m;
- Distância máxima admissível entre escoras com o uso de torres no sentido da Longarina Principal: 1,22 m;

Cimbramento:

O Sistema de Cimbramento Metálico é composto por vigas de aço em perfis tipo tubular retangular que sustentam as fôrmas plásticas. Esses perfis de aço se fixam por meio de duas peças de ferro-fundido intituladas de cabeça e pino.

Tipos de perfis

Os perfis utilizados na fabricação das Longarinas Principais (LPs) e Longarinas de Distribuição (LDs) de aço são de chapa dobrada a frio.

Tipos de Apoios

As fôrmas plásticas são apoiadas sobre as LDs, estas se apoiam nas LPs através da cabeça e essa se trava na LP por meio do pino (Figura 3). A LP se apoia em escoras

metálicas e estas no terreno ou laje inferior. Dessa forma, proporcionando a transferência das cargas provenientes do processo de montagem e concretagem da laje para o pavimento inferior. As LDs possuem 122 cm de comprimento, possibilitando o encaixe perfeito entre as fôrmas sobre o cimbramento. Tendo em vista que as fôrmas plásticas são moduladas para dimensão de 61 x 61 cm (Anexo 2).

Produtividade

O cimbramento metálico pode ser montado por 1 carpinteiro e 2 serventes, a área de 250 m², em 2 dias.

Fôrmas Plásticas:

As fôrmas plásticas que compõem o sistema PavPlus possuem duas geometrias: As caixas plásticas e os Plasterits. Ambas soluções têm como matéria prima o Polipropileno Granulado, virgem ou reciclado, que é extrusado e injetado a elevadas temperaturas em moldes de aço que dão ao polímero a modulação desejada.

Caixas Plásticas

As caixas plásticas apresentam dimensões fixas de 61 x 61 cm, proporcionando o encaixe justo entre duas peças sobre as Longarinas de distribuição, que possuem 122 cm de comprimento. Dessa forma, impossibilitando a movimentação lateral entre as fôrmas plásticas e garantindo a estanqueidade do concreto tradicional. Essas caixas possuem uma mesa com 10 cm de altura, o que geram nervuras com a mesma medida (Anexo 3 e 4).

Plasterit

O Plasterit é uma placa plástica com as dimensões de 61 x 61 cm, na qual sua parte superior é completamente lisa e sua parte inferior é nervurada para garantir maior rigidez. As dimensões da placa foram baseadas na modulação do cimbramento utilizado no sistema.

A sua composição tem como base o polipropileno, virgem ou reciclado. Reforços metálicos são encaixados para incrementar a estrutura da peça, que no final deve ter, superfície lateral lisa, aresta perpendicular e boa estanqueidade. Esse reforço metálico consiste de barras metálicas de aço (metalon) com dimensões de 15 x 15 mm e espessura

0,75 mm. Na figura 5 pode ser observado o correto posicionamento dos metalons (Anexo 5).

Produtividade

As fôrmas plásticas podem ser montadas por 1 servente, a área de 250 m², em 1 dia.

Armadura Passiva, Montagem e Fixação das Cordoalhas:

A montagem das armaduras passivas e ativas, juntamente com os acessórios plásticos, consiste em um dos maiores ganhos na produtividade do sistema PavPlus. Os processos e as soluções para execução da laje foram elaborados visando sempre acentuar a rapidez e a praticidade nos serviços envolvidos. Para que diante disso, os tempos demandados pela mão-de-obra, juntamente com a necessidade de profissionais especializados, baixassem. Portanto, reduzindo consideravelmente o custo da folha de pagamento.

Para iniciar a montagem das armaduras, primeiramente se posiciona, nos locais indicados em projeto, as peças plásticas intituladas de Barquetas. Essas peças cumprem dois papéis importantes no sistema, o primeiro seria garantir o cobrimento das telas de armaduras positivas, tanto em relação ao assoalho da laje, como para as laterais das nervuras. O segundo consiste em sustentar os dispositivos plásticos que garantem as elevações (ordenadas) dos cabos, através de duas cavidades laterais destinadas para essa função (Anexo 6).

Após a colocação das Barquetas, é possível posicionar a armadura positiva sobre elas. A armadura positiva no Sistema PavPlus consiste em um conjunto de telas de aço que são compostas por duas camadas de ferro, uma superior e outra inferior, com duas barras paralelas cada, formando um “jogo da velha” (Anexo 7).

As telas são divididas em vários conjuntos específicos que são numerados e detalhados em projeto. Esses conjuntos são confeccionados e enviados prontos para obra, de forma que seja necessário apenas identificar, por meio de etiquetas providenciadas pela empresa, qual conjunto de tela deve ser posicionado em qual área da laje.

Após posicionar as telas em seus devidos locais e encaixá-las sobre as barquetas, é necessário realizar o traspasse entre os conjuntos e ponteá-los, garantindo o trabalho uniforme ao longo de toda a armadura passiva (Anexo 8).

Por conseguinte, realiza-se a montagem das armaduras negativas e de punção próximas aos pilares. Essas armaduras são cortadas, dobradas, soldadas e enviadas prontas para os canteiros de obra. Necessitando apenas o encaixe das mesmas, sem exigir o uso de mão de obra qualificada no processo (Anexo 9).

Uma vez montadas e armadas as armaduras de punção/negativas, pode-se iniciar a passagem e o posicionamento das cordoalhas sobre a laje.

Os cabos são distribuídos na laje de acordo com o layout do projeto, cada grupo de cabos irá representar um feixe, e esses feixes são separados durante o corte e pré-blocagem no galpão da empresa. A distribuição inicia-se pela protensão no sentido longitudinal (maciços), da ancoragem passiva para a ativa e depois a protensão no sentido transversal (distribuídos) da mesma forma. Isso garante o afastamento necessário da extremidade do cabo até a forma lateral, sem que o cabo precise ser afastado posteriormente (Anexo 10).

Quando os cabos estão nos locais corretos, são posicionadas as ordenadas (elevações) que fixam os cabos no traçado previsto em projeto. Essas elevações são compostas por peças plásticas chamadas “Agarra-cabos” que ancoram os feixes de cordoalhas, através de duas hastes de aço que sem encaixam nas barquetas, assegurando a ordenada determinada para o ponto em questão. O posicionamento das ordenadas foi modularizado para à cada 61 cm, dessa forma, o conjunto de Agarra-cabos e barquetas sempre ficará posicionado nos eixos das caixas na protensão distribuída (parcela nervurada) e no eixo das nervuras nos maciços de protensão sobre os Plasterits. Para garantir que as ordenadas não saiam de posição, foram desenvolvidos dois frisos nos eixos das caixas que fixam as Barquetas, impedindo a movimentação horizontal. Já sobre os Plasterits, aplica-se uma pequena trava plástica sobre a barqueta que fixa o sistema na tela de armadura positiva por atrito. Como o conjunto está apoiando as telas de armadura positiva, a movimentação vertical do sistema também foi anulada (Anexo 11).

Para facilitar a verificação das elevações dos cabos, cada Agarra-cabo possui uma etiqueta indicando o valor da ordenada, assim, dispensando o uso de trena e agilizando o processo de liberação da laje para concretagem (Anexo 12 e 13).

Protensão:

Com objetivo de proporcionar maior velocidade no processo de montagem da protensão, a empresa também desenvolveu o “Cabo Mestre”. Esse cabo diferenciado já leva impresso em sua bainha as informações referentes ao seu traçado parabólico previsto em projeto. Dessa forma, no momento da montagem das elevações (ordenadas) dos cabos, a verificação dos valores em projeto foi dispensada, tendo em vista que as informações já foram armazenadas no próprio cabo, sendo necessária apenas a verificação na conferência final antes da laje ser validada para concretagem (Anexo 14 e 15).

Vale ressaltar que cada feixe de cordoalha possui apenas um cabo mestre, pois os traçados parabólicos dos cabos que compõem um determinado feixe são iguais. Dessa maneira, em vigas faixas, um cabo mestre pode guiar outros oito, dez, doze ou mais cabos e essa quantidade de cabos já vai especificada no mesmo.

4. SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

De acordo com a revista Fórum da Construção, a construção civil é uma das atividades humanas que mais gera degradação ao meio ambiente. É estimado que 35% de todos os materiais extraídos na natureza anualmente são empregados nesta indústria. Por outro lado, a construção representa cerca de 10% do PIB Nacional, segundo a FIESP, fator este que ressalta a força e a dimensão do setor e aponta um dilema. Por um lado, tem-se uma indústria extremamente produtiva e lucrativa, por outra via, tem-se um impacto em larga escala ao meio ambiente.

Visando reduzir a degradação gerado ao meio ambiente e ainda manter a indústria como lucrativa, diversas pesquisas vêm sendo realizadas para criar e implementar produtos que reduzam significativamente os impactos gerados e que sejam capazes ainda de fornecer lucro para a construção. Desta forma, buscou-se desenvolver um sistema construtivo capaz de reduzir drasticamente o uso da madeira para a execução de estruturas, bem como que fosse composto por materiais reutilizáveis. Segundo Sobral et al. (2002), só neste estado no ano de 2002, foram utilizados cerca de 485 mil m³ de madeira na

construção civil para a execução de andaimes e fôrmas para concreto. Estima-se que o sistema Pavplus reduz em até 70% a utilização da madeira nas obras, o que, neste caso, reduziria a quantidade utilizada para 145,5 mil m³, uma economia que com certeza gera um impacto altíssimo no meio ambiente.

Toda essa vantagem do Sistema Pavplus, é obtida ao utilizar-se como fôrmas materiais plásticos, com alto potencial de reciclagem, em conjunto com peças de cimbramento metálicas, combinação esta que compõe um sistema com mínima geração de resíduos e, por outro lado, altamente produtivo, pois possui peças de tamanho padrão e fácil encaixe.

5. IMPACTO SOCIAL

No âmbito social, o Pavplus proporciona a profissionalização de colaboradores que não possuam experiência ou que atuem como ajudantes nas obras. Uma vez que, para a montagem do sistema, não é exigido que a equipe seja composta por profissionais (pedreiros, ferreiros, carpinteiros, dentre outros), apresenta-se um espaço para que os operários que não possuam profissionalização ocupem vagas de emprego. Com o passar do tempo e com o ganho de experiência, esses colaboradores ganham uma nova profissão, a de montadores de estrutura. Vale ressaltar que, devido à simplicidade do sistema, tal etapa pode ser bem reduzida quando comparado ao tempo requerido para formação em outras profissões.

Ainda, uma vez que é eliminada a utilização de pregos e uma quantidade excessiva de madeira e são utilizadas peças de simples encaixe, vários acidentes de trabalho podem ser evitados

6. VIABILIDADE

O setor da construção civil é um dos segmentos mais relevantes para a economia mundial e brasileira. No Brasil, ele conta com de mais de 29 mil estabelecimentos, segundo banco de dados do CBIC atualizados até o ano de 2014. Além disso, cerca de 8% da PEA (População Economicamente Ativa) do país está inserida nesta área.

Em 2012, as empresas de construção realizaram incorporações, obras e serviços no valor de R\$ 336,6 bilhões, registrando em termos reais expansão de 10,2% em comparação com o ano anterior. Excluindo-se as incorporações, o valor das obras e serviços da construção atingiu R\$ 326,1 bilhões, sendo que deste montante R\$ 114,1 bilhões vieram das obras contratadas por entidades públicas, que representaram 35,0% do total das construções, participação menor do que a verificada em 2011 (38,4%). A receita operacional líquida avançou 9,3% em termos reais entre 2011 (R\$ 271,3 bilhões) e 2012 (R\$ 312,9 bilhões), segundo dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC.

Aliado às oportunidades do mercado, que necessita cada vez mais de soluções altamente produtivas e ainda assim, econômicas, a empresa desenvolvedora do sistema Pavplus vem realizando grandes investimentos em sua expansão, possuindo 8 filiais no Brasil e atendendo obras no restante da América do Sul (países como Chile e Bolívia). A empresa possui, em sua matriz, uma fábrica de injeção de plástico e uma ferramentaria, contando com 2 injetoras CNC e 1 máquina de eletroerosão, capazes de produzir cerca de 800 peças plásticas por dia e ainda fabricar moldes metálicos de diversas dimensões. Uma vez que a empresa já trabalha neste segmento a 20 anos, atualmente possui-se know how e competência suficientes para desenvolver produtos realmente úteis e de alta qualidade e desempenho, não sendo necessário terceirizar a produção (atividades como fabricação de moldes e injeção de peças plásticas), atividade que demanda tempo e um alto investimento, e, desta forma, sendo capaz de oferecer um maior custo/benefício aos seus clientes e ainda, atender suas demandas no tempo ideal.

A fim de propiciar a utilização da tecnologia da protensão, a empresa conta ainda com um Centro de Consultoria em Protensão, projeto desenvolvido em parceria com o seu maior fornecedor, e que tem por objetivo realizar estudos de viabilidade da protensão em novos e antigos projetos.

7. PRODUTIVIDADE E INDUSTRIALIZAÇÃO

A empresa dispõe de uma infraestrutura que viabiliza um desenvolvimento de produto integrado com a indústria, possuindo um diferencial em relação a outras empresas do ramo. Algumas das ferramentas laboratoriais são:

Impressora 3D: permite, com agilidade, a fabricação de um produto mínimo viável que seja aplicado em campo;

A aquisição de máquinas CNC facilitou e agilizou a otimização de produtos em plástico, dispensando o serviço de terceiros;

Bancada de testes de carga: permite a realização de testes nas peças metálicas, garantindo o bom funcionamento do produto;

Software CAE/CAD/CAM: realizam simulações das peças antes de fabricá-las;

Ferramentaria: permite a fabricação de peças metálicas em larga escala e produção de protótipos metálicos, contando com uma equipe técnica com larga experiência na área.

Um aspecto a ser destacado e que irá facilitar a escalabilidade é o fato de que, uma vez que o molde tenha sido executado, não existirão mais despesas com o mesmo, os investimentos seguintes serão relativos apenas a materiais a serem utilizados na injeção de plástico.

8. FUNCIONALIDADE

Mesmo levando em conta a atual crise no setor da construção civil e as barreiras de entrada de uma inovação, seja ela incremental ou disruptiva, já foram iniciados dois edifícios de múltiplos pavimentos em Fortaleza-CE e Campinas-SP, e mais 6 obras estão sendo prospectadas nas regiões Sudeste e Nordeste.

9. GRAU DE INOVAÇÃO

Haja vista a implementação de um novo material para execução de procedimentos já existentes e ainda uma mudança significativa em sua concepção, pode-se classificar o grau de inovação como incremental. Vale ressaltar que, acreditando no potencial de seus produtos, a empresa possui 6 patentes concedidas e outras 16 em andamento (entre estas, estão os produtos pertencentes ao Sistema Pavplus). Outro fator de destaque, é o fato de existir, na matriz da empresa, um setor de PD&I, focado no desenvolvimento e melhoramento de produtos, contando com uma equipe de engenheiros e estagiários vindos das melhores Universidades do país (tais como ITA, IME e UFC) e que são altamente comprometidos com o negócio de inovar.

10. RESULTADOS OBTIDOS

Os ganhos em produtividade se mostraram consideráveis e o ciclo previsto para a laje pode ser reduzido em relação ao planejamento inicial. A montagem das telas para armaduras positivas evidenciou-se 28 vezes mais rápida do que a montagem convencional com vergalhões ponteados. Além de necessitar de menos mão de obra envolvida na execução.

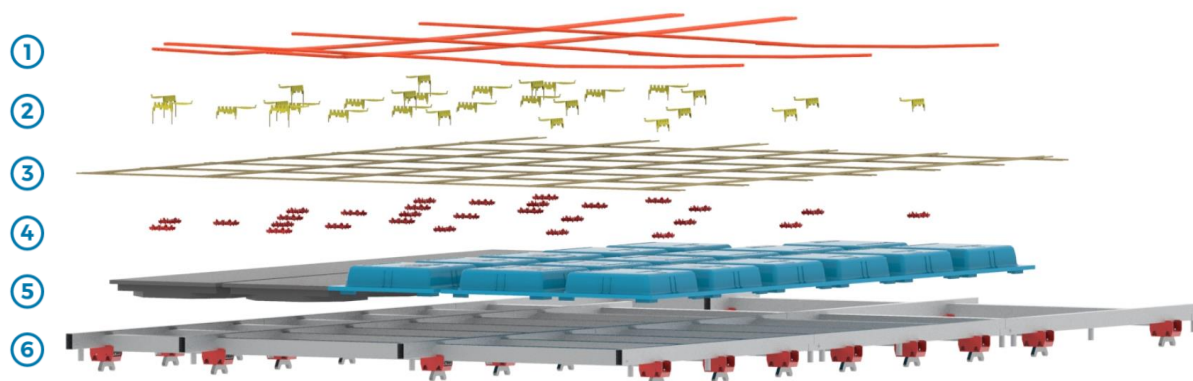
A montagem das armaduras de punção e negativas dos pilares que antes era realizada por até 6 profissionais durante 30 minutos, após passarem a ser enviadas montadas e soldadas para a obra, estão sendo finalizadas em 30 segundos por 3 auxiliares.

O tempo gasto para montagem dos cabos de protensão foi reduzido em 4 vezes, devido ao novo sistema de montagem simplificada.

Além dos ganhos em produtividade, também ficou evidente o ganho sustentável ao se aderir a nova tecnologia, pois a economia de madeira na execução das fôrmas teve alto impacto no orçamento inicial da obra.

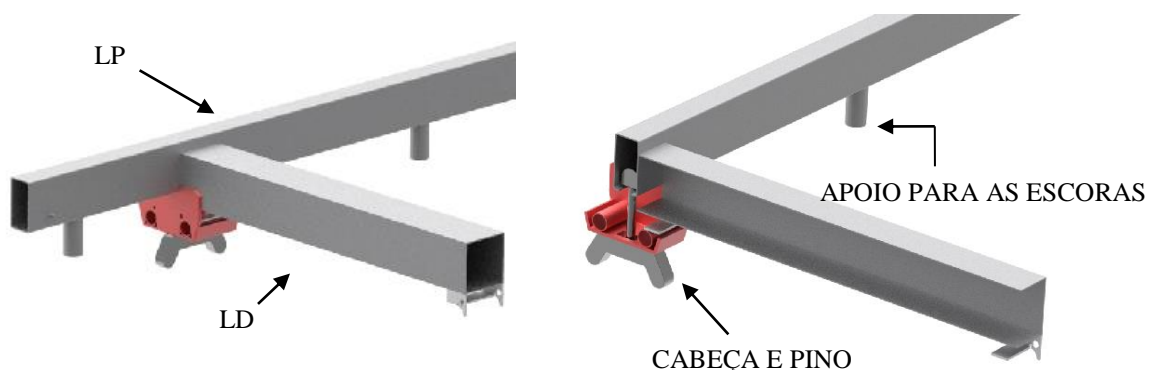
ANEXOS

Anexo 01 – Componentes do Sistema Pavplus

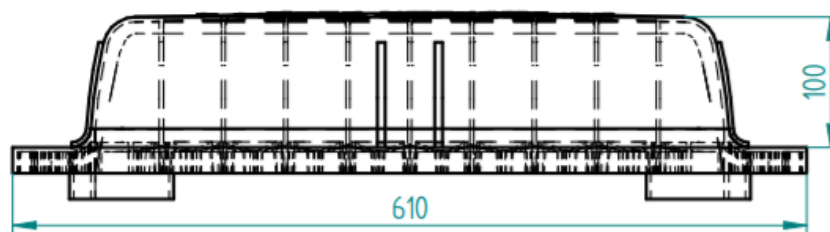


1. Cordoalhas; 2. Agarra-Cabos; 3. Armadura Positiva; 4. Barqueta; 5. Fôrmas Plásticas; 6. Cimbramento.

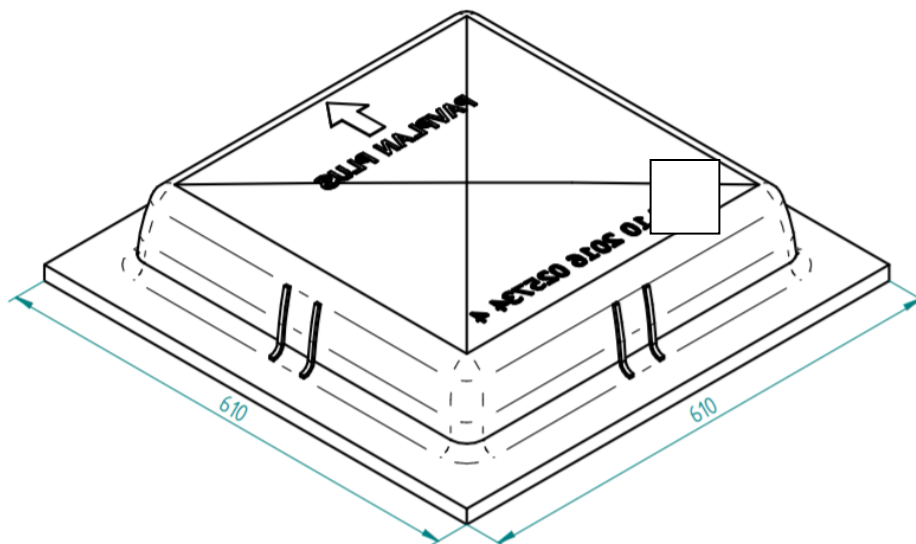
Anexo 02 – Encaixe das peças do Sistema PavPlus



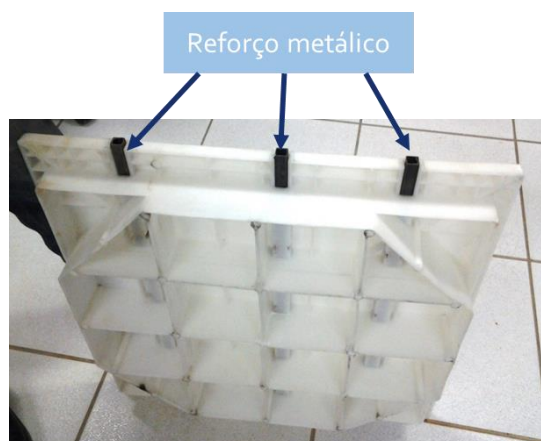
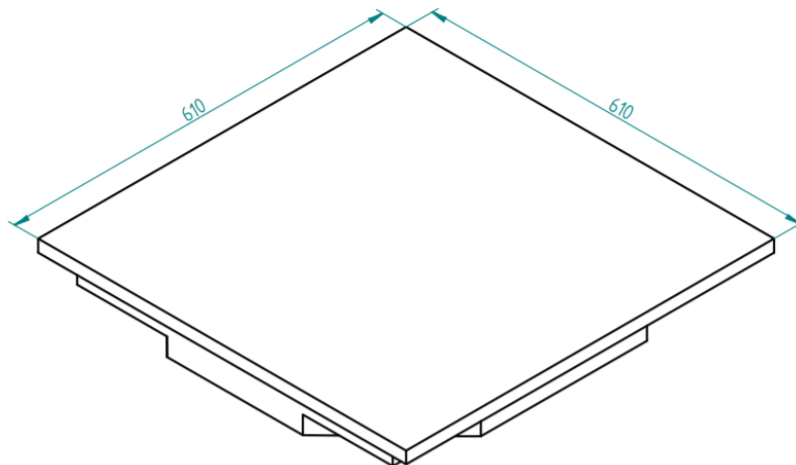
Anexo 03 – Caixa Plástica – PavPlus



Anexo 04 - Caixa Plástica – PavPlus.



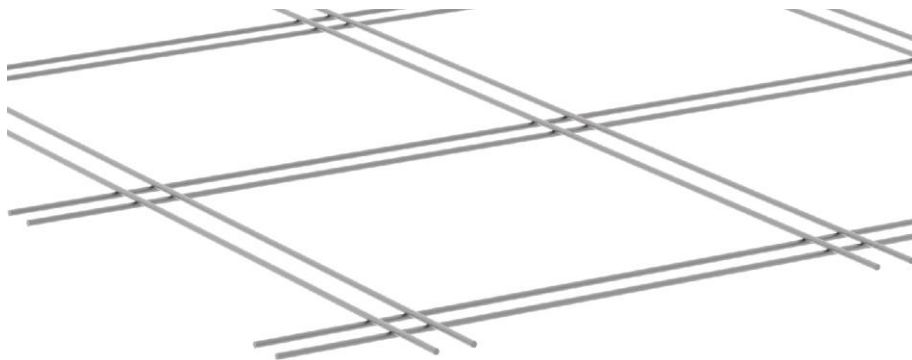
Anexo 05 – Plasterit



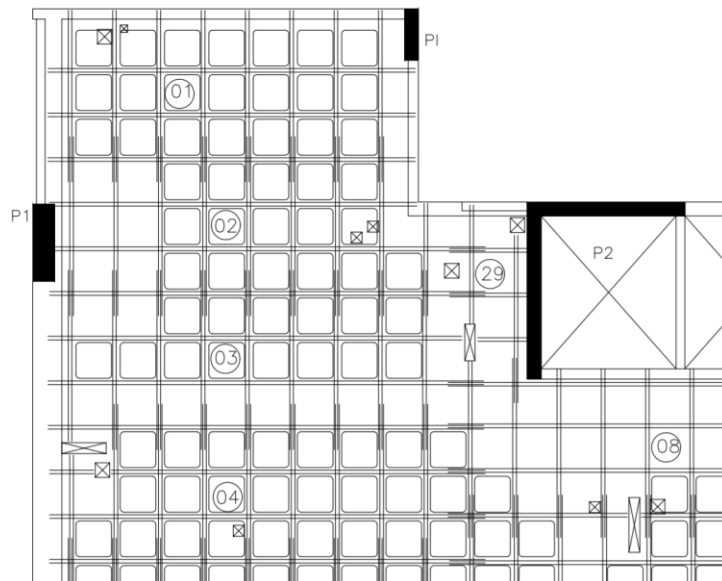
Anexo 06 – Barquetas garantindo o cobrimento da armadura positiva.



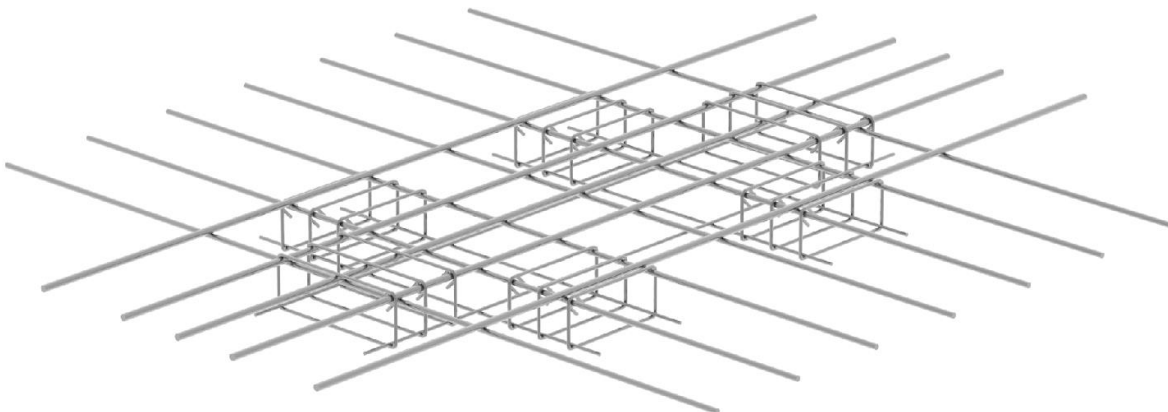
Anexo 07 – Tela de armadura positiva armada e soldada.



Anexo 08: Projeto indicando a ordem de montagem das armaduras positivas.



Anexo 09: Armadura de Punção/Negativa



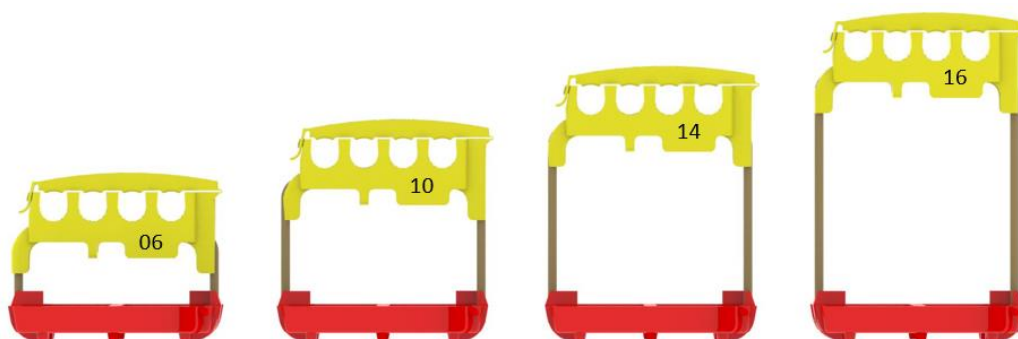
Anexo 10: Montagem dos cabos de protensão no sentido concentrado.



Anexo 11: Travamento da Barqueta.



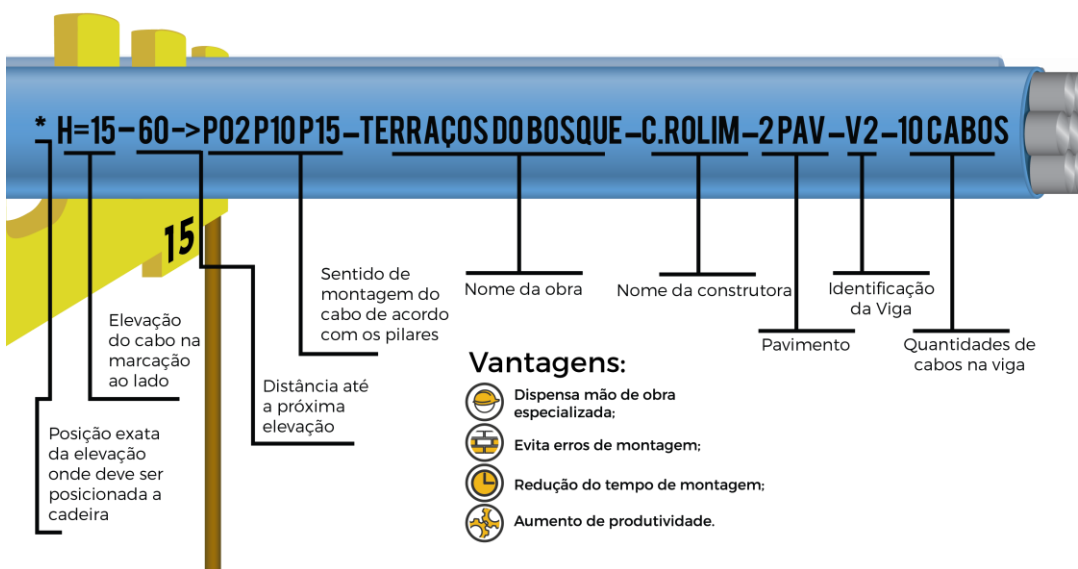
Anexo 12: Elevações (Barquetas + Agarra-cabos).



Anexo 13: Cabos posicionados nas elevações.



Anexo 14: Esquema representativo do Cabo-Mestre.



Anexo 15: Cabo-mestre.

