

CONCRETO PROTENDIDO - PROJETO EXECUTIVO DE LAJE PLANA TENSIONADA

Katlin Leppaus Entringer, Mericley Davel da Costa, Rafaela Arrigoni Cintra¹,
Rodrigo Antonio Toffoli²

1 – Acadêmico do curso de Engenharia Civil

2 – Professor, Especialista em Concreto Protendido - Docente Multivix - Cariacica

RESUMO

O projeto executivo de uma obra apresenta detalhes complementares aos contidos no projeto básico que são extrema importância para a garantia da entrega de uma obra bem executada, como menor número de retrabalho, menor custo devido a erros e maior assertividade por parte dos executantes e planejadores. Em um projeto executivo de laje plana tensionada não é diferente, um sistema competitivo no mercado e de alto valor agregado precisa de um projeto rico em detalhes e deve permitir fácil entendimento das partes interessadas garantindo a entrega perfeita de um empreendimento. Embora seja considerada de fácil execução, uma obra de laje plana tensionada detém muitos detalhes que podem não estar claros no projeto básico. Desta forma, o projeto executivo facilita o entendimento dos elementos e etapas que constituem esta obra, tanto para profissionais que já atuam no mercado de trabalho, quanto, principalmente para engenheiros que estão iniciando sua carreira profissional.

Palavras-Chave: projeto executivo; laje plana tensionada; protensão não-aderente.

1. INTRODUÇÃO

Um projeto executivo, segundo Almeida (2021), apresenta informações que são complementares ao projeto básico e são de suma importância para reduzir a ocorrência de erros durante a execução da obra. O projeto executivo não altera o projeto básico, mas a principal diferença entre eles está no fato de

projeto executivo abordar questões características da construção abrangendo detalhes que permitirão identificar falhas no decorrer da obra e garantir execução correta do projeto.

Oscar (2016) afirma que projetos pouco detalhados levam a erros de planejamento, interpretação e execução, gerando retrabalhos que, conseqüentemente, impactarão negativamente no custo e prazo de entrega da obra, estimando que o valor médio gasto no Brasil com projetos é de 3% do valor da obra e que, em países que são mais desenvolvidos o investimento em projetos é o dobro, mostrando a importância que estes países dão ao nível de detalhamento que exigem em seus projetos. O referido autor ainda afirma que, um detalhamento bem-feito influencia diretamente no planejamento do serviço e permite que os profissionais de execução possam tomar decisões acertadas haja vista que no projeto já está previsto o que será e como será feito no trabalho, dando mais qualidade ao serviço executado.

À vista disso, este estudo busca a demonstração e análise de etapas de um projeto executivo de laje plana tensionada, fornecido pela empresa MCA Estruturas, além de discursar a respeito de sua importância na execução apropriada da estrutura pretendida analisada. Muitos conceitos que serão apresentados neste artigo são oriundos de estudos preliminares e relatos de experiência fornecidos pela MCA Estruturas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BREVE HISTÓRICO DAS LAJES PLANAS PROTENDIDAS

O sistema de lajes planas protendidas com cordoalhas não aderentes consiste, em síntese, na utilização de cabos de aço posicionados no interior da laje, sendo esses tracionados após o concreto adquirir a resistência mínima recomendada pelo engenheiro calculista. As lajes planas tensionadas são apoiadas diretamente sobre pilares e a estabilidade global é obtida por núcleos rígidos ou paredes de contraventamento (CAUDURO, s.d.).

Franco (1994), enfatiza que a técnica se tornou competitiva no mercado, uma vez que a mesma possibilitou a execução de grandes vãos sem a utilização

de vigas, eliminando a confecção de recortes nas formas, visando agilidade e economia na execução, além de dispor de projetos arquitetônicos diferenciados.

O ano de 1997 marcou o início da execução de lajes planas protendidas com o sistema de pós-tração utilizando cordoalhas não aderentes no Brasil, nesta ocasião, a empresa Belgo lançou as cordoalhas engraxadas, que trouxeram para o mercado da construção civil, sobretudo para execução de edifícios residenciais, uma série de vantagens, entre elas: praticidade, rapidez e economia em detrimento ao tradicional concreto armado, tais vantagens, levaram ao aumento do número de empresas no ramo de protensão em diversas localidades do país, reforçando o traço de simplicidade do sistema não aderente (CAUDURO, s.d.).

A partir deste acontecimento, regiões do país, como o Ceará e Distrito Federal, aderiram ao método construtivo, proporcionando alternativas inovadoras no ramo da construção civil (LOUREIRO, 2006). O Espírito Santo também fez parte dos estados pioneiros a aplicar o sistema de protensão de lajes, marcando o ano de 1997 com a construção do Edifício Siena, situado na Avenida Dante Michelini, em Vitória, sendo a primeira aplicação a utilizar cordoalhas não aderentes em solo capixaba. (PTE, 2020).

2.2 LAJES PLANAS PROTENDIDAS

De acordo com Cauduro (s.d.), os Estados Unidos da América possuem destaque ao tratar-se da aplicação do sistema de cordoalhas não aderentes, contudo, a técnica é executada em vários países. Ao comparar-se com as cordoalhas aderentes, a técnica de cordoalhas não aderentes se distingue quanto à simplicidade dos materiais e serviços envolvidos e a praticidade de aplicação.

Em conformidade a Emerick (2002), realizando um comparativo entre o sistema tradicional de concreto armado e a metodologia de pós-tração em lajes, o segundo apresenta múltiplas vantagens: menciona-se a versatilidade arquitetônica, a redução de pilares e o acréscimo de área útil à edificação, uma vez que a técnica dispõe de vencer grandes vãos com lajes esbeltas, além de que, no quesito de tempo de execução da obra, os ganhos são significativos já

que há celeridade na desforma e retirada do escoramento utilizados para permitir a execução da protensão, gerando custos reduzidos com mão de obra.

Outro ponto relevante segundo Emerick (2002), é atender o emprego de vigas utilizando lajes com espessura reduzida, acarretando a atenuação da altura total da edificação, das cargas nas fundações. Ademais, o método proporciona redução das flechas, fissuras nas lajes e o aumento da resistência ao cisalhamento na região dos pilares.

Segundo Cauduro (s.d.), é inerente a facilidade de execução do sistema, contudo, essa característica pode induzir que qualquer profissional sem capacitação pode executar uma obra com segurança. À vista disso, é evidenciada a importância de um projeto executivo rico em detalhes para garantir o perfeito entendimento deste e consequente acompanhamento durante a execução da obra.

2.3 ELABORAÇÃO DO PROJETO DE CORDOALHAS

A ABNT NBR 6118-2014, determina os requisitos gerais exigidos para a execução de projeto de estruturas de concreto, incluindo o concreto protendido, trazendo requisitos aplicáveis a todo o projeto e requisitos que englobam as especificidades de cada etapa deste.

A referida NBR ainda define que, “O produto final do projeto estrutural é constituído por desenhos, especificações e critérios de projeto” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 14) e que as informações contidas neste, além de atender à referida norma, precisam estar dispostas de forma clara para garantir o bom entendimento e execução.

Em relação ao projeto executivo de laje plana tensionada, Cauduro (s.d.) demonstra em seu manual para boa execução de estruturas protendidas, que na etapa de distribuição é fundamental a observância do posicionamento dos cabos em relação à forma, principalmente quanto as excentricidades. A tolerância estabelecida para desvio dos cabos deve ser rigorosamente obedecida. Neste aspecto, o projeto executivo de cordoalhas auxilia de modo a evitar o posicionamento incorreto dos cabos, identifica a utilização de ganchos

de reforço (grampos) nas curvas horizontais, prevê interferência de cabos e shafts (aberturas para passagem de tubulações).

Ao projetar e executar cabos em curvas em uma laje plana deve-se ter cuidados principalmente em excentricidades altas e baixas, nas quais existe cobertura reduzido do concreto. Nesses casos, quando for inevitável, é necessário aumentar o número de grampos para reforçar os cabos na curva (Cauduro, s.d.).

3. METODOLOGIA E MÉTODO DA PESQUISA

O estudo supracitado baseia-se em uma pesquisa bibliográfica onde se analisa a estrutura de um projeto executivo de cordoalhas, demonstrando a importância de sua utilização na execução de uma obra. Objetivando-se conceitos e conclusões atuais, a pesquisa bibliográfica proporciona a análise de uma temática para que o pesquisador elabore uma nova abordagem sobre esta, conforme orientam Lozada e Nunes (2019).

A referida pesquisa é classificada como qualitativa, buscando elencar a abordagem das lajes planas tensionadas, revelando as etapas de projeto, desenvolvimento e execução. Matias-Pereira (2010), afirma que nesse método, a pesquisa faz-se descritiva, de modo que os dados não são quantificáveis. Em contrapartida, as informações alcançadas são avaliadas de forma indutiva.

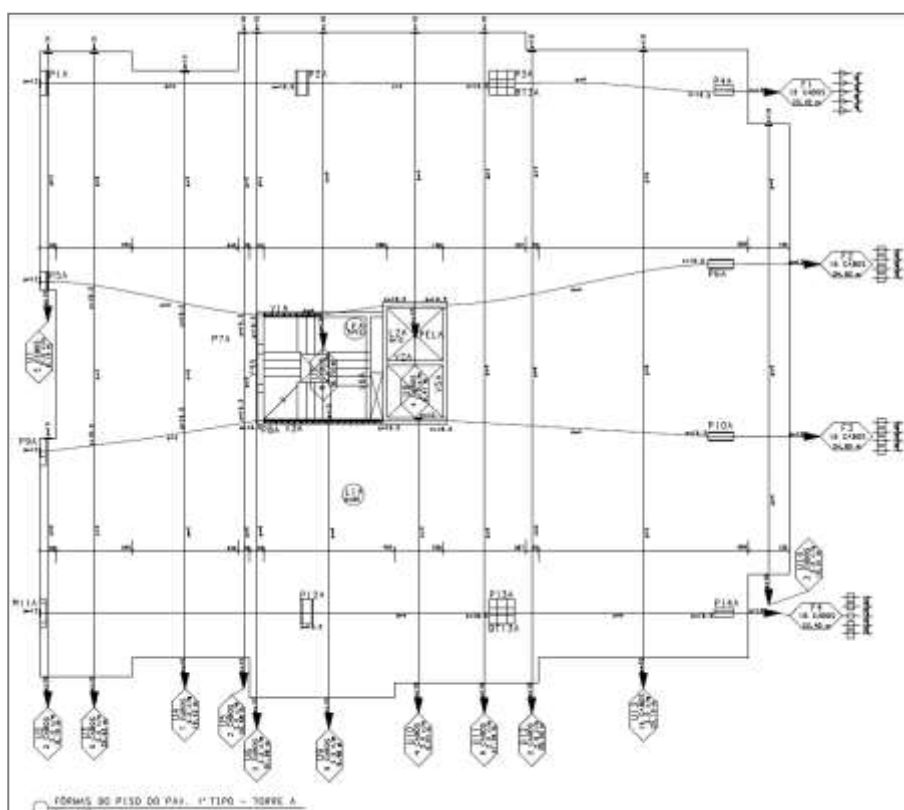
À vista disso, este estudo busca a análise e entendimento de etapas de um projeto executivo de laje plana tensionada. O projeto analisado foi disponibilizado e pertence a empresa MCA Estruturas. Além da análise e entendimento, o objetivo é demonstrar a importância do projeto estudado na execução apropriada da estrutura pretendida. Muitos conceitos que serão apresentados neste artigo são oriundos de estudos preliminares e relatos de experiência vivenciados durante este estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para falar sobre a importância do projeto executivo de uma laje plana tensionada, é preciso, antes, verificar o projeto básico de cordoalhas (base do

projeto executivo a ser analisado) que, conforme mostra a prancha abaixo, detalha apenas a quantidade de feixes e cabos uniformes, não contendo detalhes de suma importância para a execução final das cordoalhas.

Imagem 01 – Projeto básico de cordoalhas

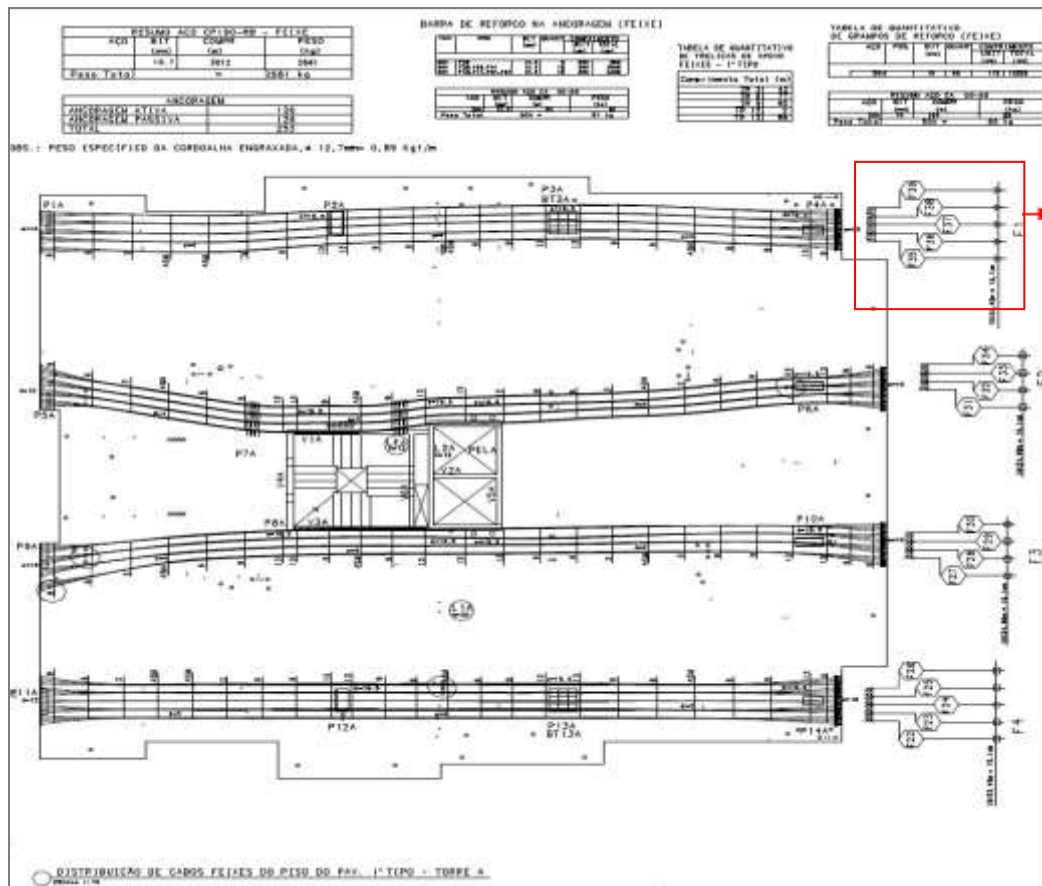


Fonte: MCA Estruturas, 2022.

O projeto estrutural de uma laje plana tensionada deve estar sob a responsabilidade de um engenheiro calculista e contempla o levantamento de cargas, a definição do quantitativo e localização dos pilares, o posicionamento dos cabos de protensão, divisão dos grupos de feixes (como mostra a imagem 02) e divisão dos cabos uniformemente distribuídos (mostrados na imagem 03), ambas pertencentes a um projeto executivo.

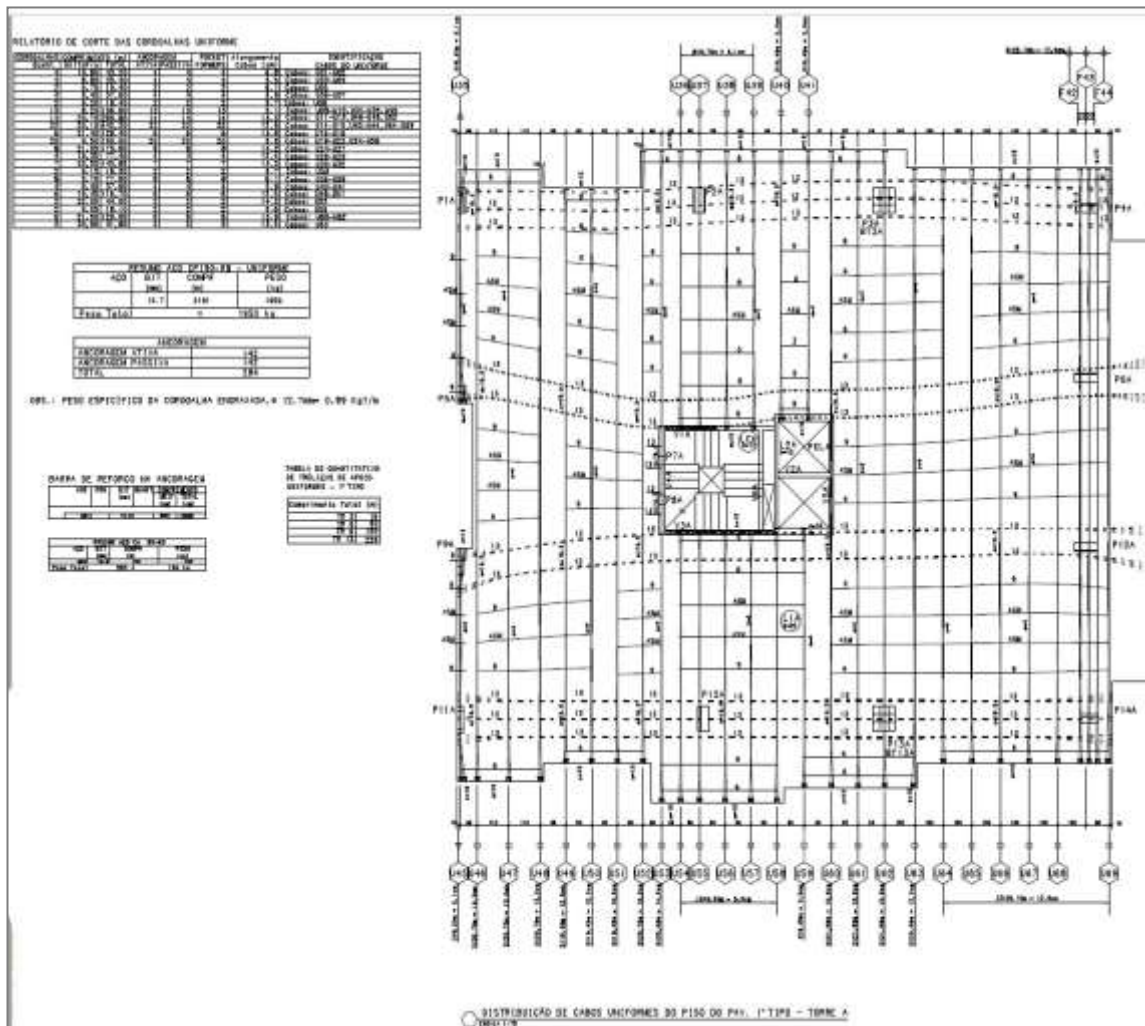
As pranchas das imagens 02 e 03 apresentam ainda, as tabelas contendo o detalhamento de aspectos fundamentais para a boa execução do projeto, que serão demonstradas na análise do projeto que está descrita no decorrer deste documento (MCA, 2022).

Imagem 02 - Projeto executivo de cabos feixes.



Fonte: MCA Estruturas, 2022.

Imagem 03 - Projeto executivo de cabos uniformes.



Fonte: MCA Estruturas, 2022.

A fase de projeto necessita ser bastante criteriosa, tendo análise de várias nuances, principalmente em relação das situações elencadas no pré-projeto. Projetos com alta complexidade, com cargas excessivas, diversos recortes arquitetônicos e o excesso de cabos, requerem uma atenção especial durante sua concepção, dado que o estudo inicial poderá minimizar e eliminar grande parte das desconformidades no momento da execução da obra.

É necessário realizar a análise de projetos, visando identificar incompatibilidades e interferências com outros projetos complementares, tais como hidráulico e elétrico, e que por diversas vezes, dentro de sua experiência, foram identificados problemas relacionados à inexistência de compatibilização com projetos complementares, principalmente com projetos de instalações

hidrossanitárias, sendo comum a necessidade de modificações no posicionamento dos cabos devido a situações não previstas anteriormente.

A verificação da compatibilização entre projetos faz-se necessária, pois minimiza consideravelmente imperfeições de projeto e conseqüentemente de execução. Cada obra possui características únicas e seus projetos e práticas de montagem mudam segundo as particularidades de cada edificação. O compromisso pela boa qualidade é de responsabilidade dos engenheiros e proprietários da construtora.

4.1 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE LAJES PROTENDIDAS COM SISTEMA PÓS-TRAÇÃO COM CORDOALHAS NÃO ADERENTES

4.1.1 **Cordoalha**

A empresa Belgo Bekaert (2020), define em seu blog que as cordoalhas são cabos produzidos com arame de aço de excelente qualidade que, ao serem tracionadas, conferem à estrutura características como: redução de fissuras, possibilidade de execução vãos maiores e maior durabilidade estrutural.

Cauduro (s.d.), afirma que as cordoalhas não aderentes, no que lhe concerne, possuem uma membrana plástica que as revestem com espessura aproximada de 1 mm (um milímetro), garantindo proteção ao desgaste e às intempéries existentes na construção civil e, devido ao seu peso relativamente leve, proporciona facilidade no transporte das mesmas, que podem ser movidas individualmente.

Segundo Cauduro (s.d.), para haver tração nos cabos, os mesmos devem ser produzidos com o comprimento maior em relação à forma de borda onde serão montados.

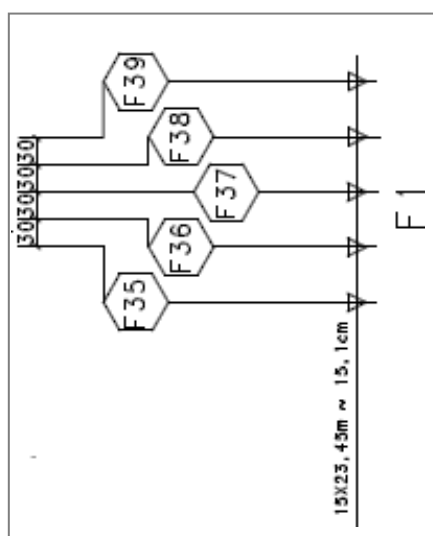
Imagem 04 - Cordoalhas não aderentes.



Fonte: MCA Estruturas, 2022.

Em relação ao projeto executivo analisado, as cordoalhas estão indicadas com as quantidades necessárias tanto no caso dos grupos dos feixes, quanto no caso dos cabos uniformes, trazendo a identificação (imagem 05) e o devido posicionamento na laje. Tais informações são de extrema importância para garantir a segurança da obra, conforme mencionado por Cauduro (s.d.).

Imagem 05 – Identificação do feixe 1 no projeto executivo.



Fonte: MCA Estruturas, 2022.

Outro fator de extrema importância para a evitar erros e agilizar a conferência, é o relatório de corte das cordoalhas (imagem 06) que traz as identificações de resumo do aço a ser utilizado (imagem 07), que no caso do projeto em análise, é do tipo CP190-RB e traz ainda, o comprimento inicial desta cordoalha ao ser posicionada e o alongamento teórico, que é a medida de alongamento resultante que se espera após a aplicação da força na cordoalha. Caso o alongamento teórico seja compatível ou não com o previsto no projeto, é necessário que o engenheiro estrutural aprove o corte do cabo.

Imagem 06 - Relatório de corte das cordoalhas feixe.

RELATÓRIO DE CORTE DAS CORDOALHAS FEIXE									
CORDOALHAS		COMPRIMENTO (m)		ANCORAGEM		POCKET FORMERS	Alongamento Cabos (cm)	IDENTIFICAÇÃO CABOS DO FEIXE	
Quant	Unitário	TOTAL	ATIVA	PASSIVA					
10	23,35	233,50	10	10	10	10	15,1	Cabos: F01-F04	
18	23,40	421,20	18	18	18	18	15,1	Cabos: F05-F10	
18	24,35	438,30	18	18	18	18	15,7	Cabos: F11-F16	
15	23,25	348,75	15	15	15	15	15,0	Cabos: F17-F21	
33	23,45	773,85	33	33	33	33	15,1	Cabos: F22-F26, F35-F39	
32	24,90	796,80	32	32	32	32	10,1	Cabos: F27-F34	

Fonte: MCA Estruturas, 2022.

Imagem 07 - Resumo do aço CP190 – RB e ancoragem.

RESUMO AÇO CP190-RB - FEIXE			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
	12.7	3012	2681
Peso Total		=	2681 kg

ANCORAGEM	
ANCORAGEM ATIVA	126
ANCORAGEM PASSIVA	126
TOTAL	252

Fonte: MCA Estruturas, 2022.

4.1.2 Dispositivos para posicionamento

De acordo com Cauduro (s.d.), o projeto deve determinar os distintos níveis de altura onde as cordoalhas devem se situar.

A fim de assegurar o devido posicionamento tanto na etapa anterior quanto posterior ao lançamento de concreto, são previstos no projeto dispositivos conhecidos como “cadeirinhas” (imagem 08). Tais dispositivos são fabricados em materiais metálicos ou plásticos, funcionando de modo a prevenir deslocamentos, além de apoiarem e segurarem os cabos de pré-tensão em sua respectiva posição de projeto.

Imagem 08 - Cadeiras plásticas utilizadas pela empresa PTE.

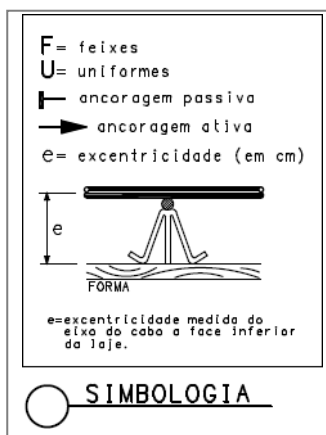


Fonte: PTE Pós-Tensão Engenharia, 2020.

A curvatura das cordoalhas (ou excentricidade), é definida no projeto básico, de modo que os esforços provenientes dos carregamentos possam ser resistidos pelo elemento estrutural

(imagem 09). De modo geral, as cotas são consideradas altas próximos aos pilares, evitando esforços de punção, e cotas inferiores nos vãos, evitando a deformação. Além disso, a excentricidade (posicionamento vertical) da cordoalha é garantida pelo dispositivo de montagem.

Imagem 09 - Simbologia da excentricidade.



Fonte: MCA Estruturas, 2022.

Outro dispositivo que também pode ser utilizado no posicionamento das cordoalhas são as treliças, conforme mostra a imagem 10.

Imagem 10 - Treliça com "pézinho" de plástico.



Fonte: MCA Estruturas, 2022.

Assim como os demais componentes, as treliças ou cadeirinhas, são identificadas no projeto executivo, detalhando-as e quantificando-as. O quantitativo é detalhado em metros, para cada altura indicada no projeto.

Imagem 11 - Tabela de quantitativo de treliças de apoio dos feixes.

TABELA DE QUANTITATIVO DE TRELIÇAS DE APOIO FEIXES - 1º TIPO	
Comprimento Total (m)	
TR 3	42
TR 6	77
TR 9	92
TR 12	2
TR 13	86

Fonte: MCA Estruturas, 2022.

Imagem 12 - Cabos apoiados sobre treliças metálicas.



Fonte: MCA Estruturas, 2022.

4.1.3 Dispositivos de ancoragem

Define-se como ancoragem um conjunto de componentes de modo a fixar o aço e transmitir a força de protensão ao concreto, na imagem 14 é possível verificar uma placa de ancoragem.

Imagem 14 - Placa de ancoragem.



Fonte: Cauduro (s.d., p.17)

Existem três tipos de ancoragens, sendo a ativa a que está situada na extremidade do cabo onde se posiciona o equipamento que o tensiona (macaco hidráulico), sendo que neste caso de ancoragem, a cordoalha deverá ultrapassar o limite da forma em no mínimo 30 cm, conforme mostra a imagem 15.

Imagem 15 – Ancoragem ativa de cabos uniformes.



Fonte: MCA Estruturas, 2022.

A ancoragem ativa requer cunhas metálicas pelas quais as cordoalhas passarão. Isto posto, assim que o movimento de protensão distender o cabo, as cunhas irão se afastar e permitir que o cabo seja tracionado.

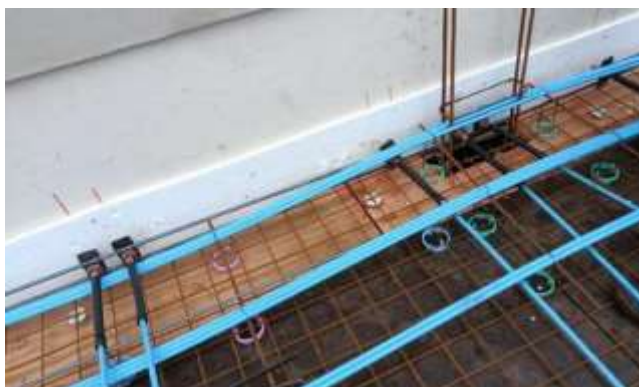
Imagem 16 - Ancoragem em ferro fundido e cunhas bipartidas.



Fonte: MCA Estruturas, 2022.

O segundo tipo de ancoragem é a intermediária, que se localiza ao longo do comprimento da cordoalha, cuja função é intercalar o tensionamento, este tipo de ancoragem não foi necessária para a estrutura do projeto analisado. O terceiro tipo se dá pela ancoragem passiva, situada na extremidade oposta ao tensionamento, devendo essas serem pré-blocadas com cunhas pré-cravadas (CAUDURO, s.d.), conforme imagem 17.

Imagem 17 – Ancoragem passiva.



Fonte: MCA Estruturas, 2022.

4.1.4 *Pocket forms* (formas para nicho)

As formas para nicho (*pocket forms*) são peças por onde o bico do macaco hidráulico será introduzido para alcançar a placa de ancoragem, sendo estas padronizadas, feitas de material plástico, descartável ou podendo ser reutilizado. (CAUDURO, s.d.).

Imagem 18 – *Pocket forms*.

Fonte: MCA Estruturas, 2022.

O projeto executivo de cordoalhas define o quantitativo de *pocket forms*, como evidenciado na imagem 19, o que facilita a conferência de materiais antes da execução do serviço.

Imagem 19 – Quantitativo de *pocket forms* descrito no projeto executivo.

CORDOALHAS Quant.	COMPRIMENTO (m)		ANCORAGEM		POCKET FORMERS	Alongamento Cabos (cm)
	Unitário	TOTAL	ATIVA	PASSIVA		
10	23,35	233,50	10	10	10	15,1
18	23,40	421,20	18	18	18	15,1
18	24,35	438,30	18	18	18	15,7
15	23,25	348,75	15	15	15	15,0
33	23,45	773,85	33	33	33	15,1
32	24,90	796,80	32	32	32	16,1

Fonte: MCA Estruturas, 2022.

4.1.5 Nichos para protensão

As limitações no terreno podem dificultar a montagem e a execução de lajes planas protendidas, devido às interferências físicas na obra como: obras e construções vizinhas, sistemas de contenção do terreno e demais aspectos. Desta forma, quando houver essas ocorrências, há a necessidade da utilização de nichos de protensão, com a funcionalidade de protender os cabos nas ancoragens ativas, a indicação da necessidade da existência destes nichos no projeto executivo, permite evitar retrabalhos durante a execução da obra.

Imagem 20 – Inserção de nichos de protensão devido presença de parede de



construção vizinha.

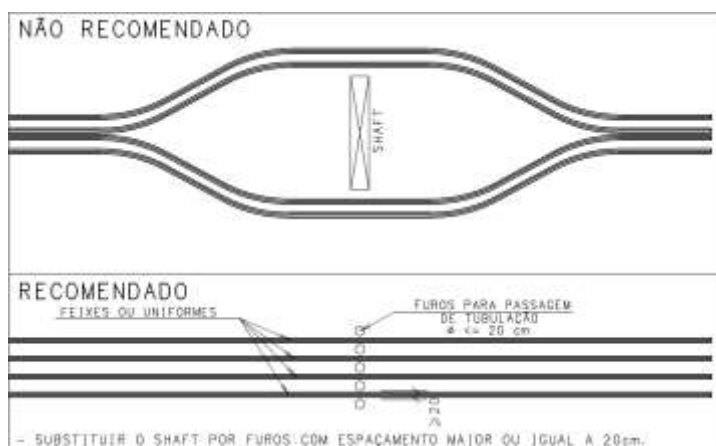
Fonte: MCA Estruturas, 2022.

4.1.6 Shafts

Os *shafts* são furos na laje por onde passarão os eletrodutos ou tubulações hidrossanitárias do empreendimento e sua existência deve ser considerada na etapa de compatibilização de projetos a fim de verificar possíveis interferências entre estes e a alocação das cordoalhas.

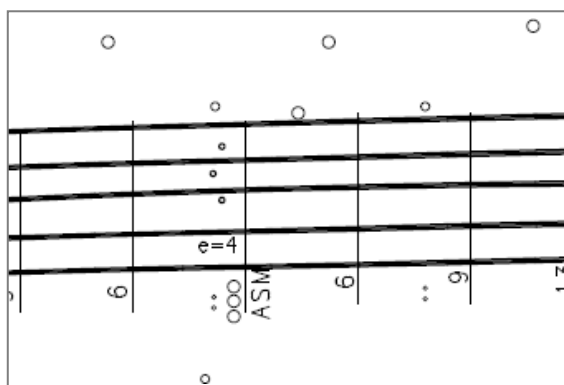
O uso de *shafts* e furos nas regiões dos feixes deve ser evitado e, em caso de não haver uma maneira de reposicioná-los a região deve receber reforço com aço CA 50 devido à perda de resistência provocada pelo local reservado ao *shaft*. Caso seja possível, é recomendado que os furos possuam 15 cm de diâmetro, com espaçamento de 20 cm entre esses. Essa medida é adotada a fim de que os cabos possam passar sem interferência.

Imagem 21 - *Shafts* na região dos cabos, vista em planta.



Fonte: MCA Estruturas, 2022.

Imagem 22 – Disposição de furos.



Fonte: MCA Estruturas, 2022.

4.1.7 Grampos

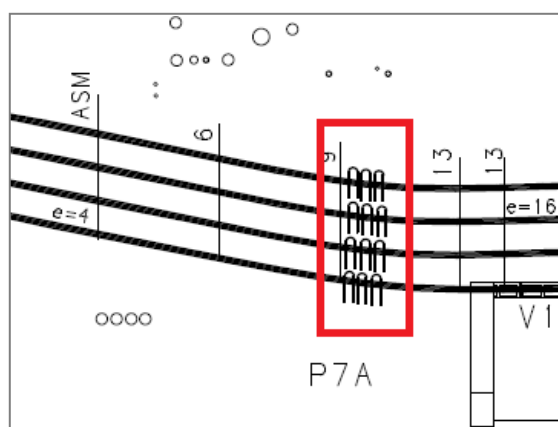
O projeto executivo, determina o quantitativo de grampos (imagem 23), cuja função é posicionar as cordoalhas em curvas horizontais (imagem 24) para realizar a perfeita alocação dos cabos pois se os mesmos não estiverem devidamente posicionados, poderá haver o escorregamento que desencadearão em patologias. A produção dos grampos é efetuada com aço CA50 na bitola de 10 mm, sendo que cada grampo é dotado de comprimento equivalente a 115 cm. (CAUDURO, s.d.).

Imagem 23 – Tabela de quantitativo de grampos.

TABELA DE QUANTITATIVO DE GRAMPOS DE REFORÇO (FEIXE)					
AÇO	POS	BIT (mm)	QUANT	COMPRIMENTO	
				UNIT (cm)	TOTAL (cm)
50A		10	90	115	10350
RESUMO AÇO CA 50-60					
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)		
50A	10	104	65		
Peso Total		50A =	65 kg		

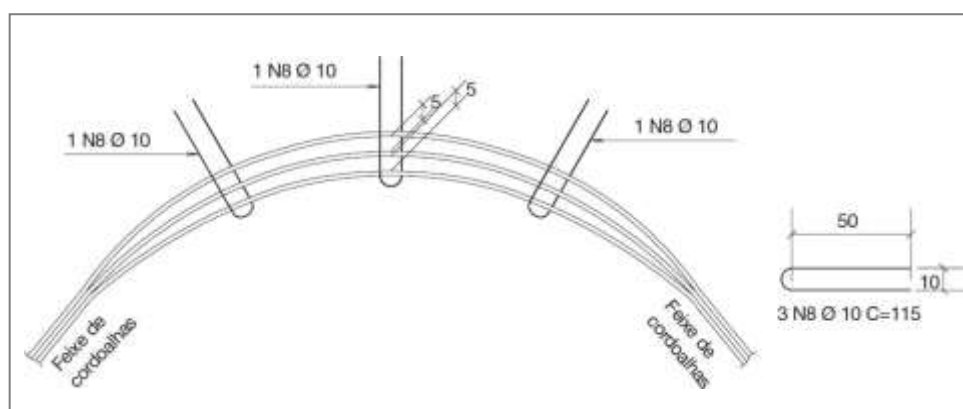
Fonte: MCA Estruturas, 2022.

Imagem 24 – Disposição dos grampos no projeto executivo.



Fonte: MCA Estruturas, 2022.

Imagem 25 – Grampos posicionando as cordoalhas nas curvas.



Fonte: Cauduro (s.d., p.54)

4.1.8 Referência de alongamentos

SCHMID (2009) define a concretagem como o sétimo passo na sequência construtiva de uma laje plana tensionada, sendo que esta, inicia-se quando os cabos estão posicionados corretamente. Após concretagem e antes de dar início à protensão, os cabos são marcados para que após o tensionamento, o alongamento seja medido. A marcação é realizada com um gabarito de madeira e tinta *spray* de secagem rápida, de modo a estabelecer a referência para as futuras medições (CAUDURO, s.d.). Conforme Emerick (2002), caso haja ancoragem ativa em ambos os lados da cordoalha, ambas extremidades deverão ser marcadas e deverá ser considerado, para fins de conferência, a soma dos dois alongamentos.

Imagem 26 – Marcação para medir o alongamento do cabo.



Fonte: MCA Estruturas, 2022.

Em concordância com Cauduro (s.d.), os alongamentos dos cabos são mensurados após o ato da protensão, sucedendo nesta etapa a emissão do relatório de tensionamento. Os dados são enviados ao profissional engenheiro calculista a fim de verificar a validação do serviço realizado, de modo que o alongamento medido *in loco* é comparado com o alongamento teórico constante no projeto executivo.

Imagem 27 – Alongamento previsto no relatório de corte das cordoalhas feixe.

RELATÓRIO DE CORTE DAS CORDOALHAS FEIXE							
CORDOALHAS Quant.	COMPRIMENTO (m)		ANCORAGEM		POCKET FORMERS	Alongamento Cabos (cm)	IDENTIFICAÇÃO CABOS DO FEIXE
	Unitário	TOTAL	ATIVA	PASSIVA			
10	23,35	233,50	10	10	10	15,1	Cabos: F01-F04
18	23,40	421,20	18	18	18	15,1	Cabos: F05-F10
18	24,35	438,30	18	18	18	15,7	Cabos: F11-F16
15	23,25	348,75	15	15	15	15,0	Cabos: F17-F21
33	23,45	773,85	33	33	33	15,1	Cabos: F22-F26, F35-F39
32	24,90	796,80	32	32	32	16,1	Cabos: F27-F34

Fonte: MCA Estruturas, 2022.

Concluídas as etapas de concretagem, aplicação de tensão e conferência dos alongamentos, se não houver necessidade de intervenção, as pontas junto às ancoragens ativas deverão ser cortadas com o auxílio de um maçarico, carecendo cautela para que as cunhas não sejam atingidas pela chama, uma vez que essas prendem a cordoalha à estrutura. A cordoalha deve ser aparada de modo a remanescer uma ponta reduzida, sendo possível efetuar um cobrimento de 25 mm em relação à face do concreto (EMERICK, 2002).

Imagem 28 - Corte das pontas dos cabos com maçarico após conferência do alongamento



dos cabos.

Fonte: MCA Estruturas, 2022.

Com a finalidade de evitar a exposição às intempéries, é imprescindível realizar o tamponamento nos nichos com a maior celeridade, sendo que, sob nenhuma circunstância esses componentes devem ficar descobertos por longos períodos. O cobrimento é realizado com o *groute*, sendo esse uma argamassa com elevada resistência mecânica, composta por cimento, areia, quartzo, água e aditivos especiais. Além disso, é fundamental que o nicho esteja livre de qualquer resíduo, com a finalidade de suceder uma aderência desejada entre o concreto e o *groute* (CAUDURO, s.d.).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÃO

O estudo do projeto executivo de laje plana tensionada fornecido pela empresa MCA Estruturas, nos permitiu verificar que um projeto executivo de cabos de protensão traz o detalhamento do projeto básico definido pelo engenheiro calculista, onde se faz a distribuição dos cabos de protensão na direção horizontal e vertical, indicando o devido posicionamento e demais acessórios necessários para uma boa execução. A fase da elaboração do projeto executivo de cabos deve ser bem criteriosa, sendo que o conhecimento do desenhista é fundamental para a elaboração de bons projetos.

Foi possível entender claramente, através da análise do projeto executivo, o processo de execução de uma laje em concreto protendido e suas peculiaridades, tendo como principal aprendizado, a importância da compatibilização entre projetos, que possibilita corrigir possíveis equívocos na execução do empreendimento.

Embora na ótica de profissionais já atuantes no mercado da construção civil o sistema de planejamento e execução lajes planas protendidas não se apresente de forma complexa, no olhar de acadêmicos de engenharia civil que já estão na reta final para ser inseridos como profissionais no mercado de trabalho, foi possível perceber que, diante de um projeto básico, surgiriam inúmeras dúvidas em relação a execução da obra devido à simplicidade deste.

Conclui-se, portanto, que o projeto executivo de cordoalhas é uma valiosa ferramenta que demonstra cada detalhe importante em uma obra, permitindo fácil entendimento e acompanhamento por parte do engenheiro responsável, e, permite a correção de desvios de forma resolutiva, tão logo sejam identificadas incompatibilidades entre projeto e execução, trazendo credibilidade, assertividade, economia e maior agilidade na entrega do empreendimento.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Fernanda Teixeira. Projeto Básico e Projeto Executivo: peculiaridades e diferenças. **Jus Brasil**, 2021. Disponível em: <<https://nandinatalmeida.jusbrasil.com.br/artigos/1262795599/projeto-basico-e-projeto-executivo-peculiaridades-e-diferencas>>. Acesso em: 26 de outubro de 2022.

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

CAUDURO, E. L. **Manual para a Boa Execução de Estruturas Protendidas usando Cordoalhas de Aço Engraxadas e Plastificadas**. 2ª Edição. [s.d.].

EMERICK, Alexandre A. **Projeto e execução de lajes protendidas**. Brasília, 2002.

Entenda quando usar a cordoalha de aço e os benefícios para a obra. **Belgo Bekaert Arames**, 2020. Disponível em: <[https://blog.belgobekaert.com.br/engenharia/construcao-civil/cordoalha-de-aco/#:~:text=De%20acordo%20com%20o%20especialista,de%20formato%20entre%20esses %20objetos](https://blog.belgobekaert.com.br/engenharia/construcao-civil/cordoalha-de-aco/#:~:text=De%20acordo%20com%20o%20especialista,de%20formato%20entre%20esses%20objetos)>. Acesso em: 30 de outubro de 2022.

FRANCO, M. **Concreto Protendido em Edifícios**: Problemas Particulares. São Paulo, 1994 apud EMERICK, Alexandre A. **Projeto e execução de lajes protendidas**. Brasília, 2002.

LOUREIRO, Giordano José. Projeto de lajes protendidas com cordoalhas engraxadas. **VISimpósio EPUSP sobre Estruturas de Concreto, São Paulo**, 2006. Disponível em: <<https://www.feb.unesp.br/pbastos/Protendido/Art.%20Laje%20Prot.%20Cord.%20Engrax.pdf>>. Acesso em: 22 de outubro de 2022.

LOZADA, G.; NUNES, K.D.S. **Metodologia Científica**. Grupo A, 2019. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595029576/>>. Acesso em: 29 de outubro de 2022.

MATIAS-PEREIRA, José. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. São Paulo:Atlas, 2010.

MCA TECNOLOGIA DE ESTRUTURAS LTDA. Escritório de cálculo estrutural. Espírito Santo, 1985.

OSCAR, L. H., QUALHARINI, E. L., BERNAT, G. B., SILVA, M. R. **O Impacto do Projeto na Obra de Reabilitação Estrutural**. Revista Boletim do gerenciamento. Rio de Janeiro. 2018.

Pós-Tensão Engenharia, PTE. **Folheto Institucional**. Espírito Santo, 2020. Disponível em: <https://issuu.com/plastfer/docs/folheto_institucional_revisado>. Acesso em: 22 de outubro de 2022.

PTE PROTENSÃO. A PTE trabalha com produtos de excelência. A Cadeira Patenteada da Plastfer, utilizada em nossos projetos, foi desenvolvida em base plástica e haste metálica e é a solução ideal para garantir a altura de projeto das ferragens negativas e cordoalhas. Cada cor de base representa uma altura específica, ficando apoiada diretamente sobre o madeirite e servindo de espaçador para tela, prevenindo assim os deslocamentos antes e durante a colocação do concreto. Serra. 03 de janeiro de 2020. Instagram: @pteprotensao. Disponível em:

<<https://www.instagram.com/p/B621trklrNr/?next=%2F>>. Acesso em: 22 de outubro de 2022.

SCHMID, MANFRED THEODOR. Lajes planas protendidas. Rudloff Sistema de Protensão Ltda, 2009.