



CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANA BARBARA CAMPOS FREITAS

**ANÁLISE DE SINISTROS EM CORDOALHAS DE PROTENSÃO NÃO ADERENTE
EM LAJE MACIÇA DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM EDIFÍCIO
RESIDENCIAL LOCALIZADO NA CIDADE DE FORTALEZA**

FORTALEZA
2020

ANA BARBARA CAMPOS FREITAS

ANÁLISE DE SINISTROS EM CORDOALHAS DE PROTENSÃO NÃO ADERENTE
EM LAJE MACIÇA DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM EDIFÍCIO
RESIDENCIAL LOCALIZADO NA CIDADE DE FORTALEZA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário Christus, como
requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. MSc. Mariana de
Araújo Leite

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C198a Campos Freitas, Ana Barbara.
ANÁLISE DE SINISTROS EM CORDOALHAS DE
PROTENSÃO NÃO ADERENTE EM LAJE MACIÇA DE
CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM EDIFÍCIO
RESIDENCIAL LOCALIZADO NA CIDADE DE FORTALEZA / Ana
Barbara Campos Freitas. - 2020.
114 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro
Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil,
Fortaleza, 2020.
Orientação: Profa. Ma. Mariana de Araújo Leite.

1. SINISTROS EM CORDOALHAS DE PROTENSÃO NÃO
ADERENTE. 2. LAJE MACIÇA DE CONCRETO ARMADO . I.
Título.

CDD 624

ANA BARBARA CAMPOS FREITAS

ANÁLISE DE SINISTROS EM CORDOALHAS DE PROTENSÃO NÃO ADERENTE
EM LAJE MACIÇA DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM EDIFÍCIO
RESIDENCIAL LOCALIZADO NA CIDADE DE FORTALEZA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário Christus, como
requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a MSc. Mariana de
Araújo Leite.

Aprovado em 22/06/2020

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof.^a MSc. Mariana de Araújo Leite
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. MSc. Bergson da Silva Matias
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. MSc. Océlio Valente Lima
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida que ela me concedeu, e por todos os socorros em momentos de angústia e ter me conservado na trilha para seguir com este projeto de pesquisa com saúde, dedicação e forças para chegar até o final.

Aos meus pais, que foram pilares fundamentais para essa conquista, que sempre estiveram me apoiando com todo amor e paciência para me ajudar a seguir com meus objetivos em toda minha vida.

À minha avó materna, por toda dedicação e entusiasmo durante toda a minha trajetória, sendo meu porto seguro para me manter firme e segura, sempre me incentivando a realizar meus planos e me guiando e protegendo nos caminhos de Deus.

Agradeço ao meu namorado Alberto Antunes que o conheci durante o curso da graduação, e sempre esteve ao meu lado durante todo meu percurso acadêmico, me apoiando emocionalmente e sendo uma excelente referência profissional.

Deixo um agradecimento especial a minha orientadora, Prof.^a MSc. Mariana de Araújo Leite, por sua orientação, paciência, e completa dedicação do seu tempo ao meu projeto de pesquisa, contribuindo de forma incrível para minha formação pessoal e profissional.

Aos professores Agérbon Nobrega, Ivelise Strozberg, Marisa Teófilo, Paula Nobre por toda contribuição acadêmica.

Aos meus amigos, que durante todo o curso foram parceiros de estudos e de vida.

Aos meus antigos colegas de trabalho Emanuel Nascimento e Viviane Carvalho, por toda contribuição técnica e pessoal para produção do trabalho.

Aos integrantes da banca avaliadora, por ter se dedicado a avaliar o meu trabalho e por ter aceitado ao convite.

Por último, quero agradecer também à Universidade Christus e todo o seu corpo docente.

“Que a Força esteja com você”.

Yoda

RESUMO

Atualmente existe uma grande demanda na construção civil por inovações e exigências em projetos cada vez mais modernos e sofisticados, e essa mudança vem crescendo de forma significativa. Diante dessas exigências, o mercado atual tem se mostrado aberto para novas técnicas construtivas, que buscam se consolidar visando aperfeiçoar e superar limitações presentes em estruturas de concreto. Dentre essas técnicas está o sistema de protensão o qual apresenta uma proposta para superar uma das principais limitações que profissionais calculistas são desafiados a solucionar em seus projetos de estruturas, a possibilidade de vencer grandes vãos. Diante da possibilidade do uso de sistemas protendidos, é notória a existência certo preconceito com relação a esse sistema, por causa das possibilidades de sinistros que possam acontecer. O estudo em questão tem como objetivo detalhar e analisar esse sistema, apresentando dois tipos de sinistros ocorridos em lajes maciças de concreto protendido, embasado em dois estudos de caso real de um edifício residencial situado em Fortaleza-CE, a fim de se chegar a um diagnóstico do problema e ações de reparo e reforço. Para isso usou-se como metodologia, os estudos de casos foram feitos prioritariamente de forma qualitativa com dados fornecidos pela empresa e por meio de formulários digitais com profissionais envolvidos no ocorrido. Assim, obtiveram-se por meios desses formulários, como resultados, informações descritas, além de fotos dos dois estudos de casos, que possibilitaram analisar todo o processo de sinistro, o diagnóstico e o reparo, de modo a garantir a eficiência do sistema de protensão após o problema. Com isso, concluiu-se que os sinistros existem e podem ser devidamente recuperadas, a possibilidade de reparo e reforço é particular para cada sinistro ocorrido, e com um bom entrosamento entre os profissionais é possível descrever que existem várias possibilidades destrutivas e não destrutivas para solucionar os sinistros nesse sistema, garantindo segurança e estabilidade da estrutura.

Palavras-chave: Laje maciça protendida. Sistema de protensão. Sinistro em protensão. Cordoalha engraxada.

ABSTRACT

Currently there is a great demand in civil construction for innovations and requirements in increasingly modern and sophisticated projects, and this change has been growing significantly. In view of these requirements, the current market has been shown to be open to new construction techniques, which seek to consolidate in order to improve and overcome limitations present in concrete structures. Among these techniques is the prestressing system, which presents a proposal to overcome one of the main limitations that calculating professionals are challenged to solve in their structural projects, the possibility of overcoming large spans. In view of the possibility of using prestressed systems, it is notorious that there is a certain prejudice in relation to this system, because of the possibilities of claims that may happen. The study in question aims to detail and analyze this system, presenting two types of claims occurred in massive prestressed concrete slabs, based on two real case studies of a residential building located in Fortaleza-CE, in order to arrive at a problem diagnosis and repair and reinforcement actions. For that, it was used as methodology, the case studies were done primarily in a qualitative way with data provided by the company and through digital forms with professionals involved in the event. Thus, through these forms, information was obtained, as described, as well as photos of the two case studies, which made it possible to analyze the entire claim process, diagnosis and repair, in order to guarantee the efficiency of the prestressing system. after the problem. With that, it was concluded that the claims exist and can be properly recovered, the possibility of repair and reinforcement is particular for each occurrence, and with a good relationship between the professionals it is possible to describe that there are several destructive and non-destructive possibilities to solve claims in this system, ensuring safety and stability of the structure.

Keywords: Prestressed solid slab. Prestressing system. Prestressing failure. Greased string.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo do conceito de protensão	19
Figura 2 – Representação de laje maciça em concreto armado	23
Figura 3 – Demonstração de uso de fôrmas planas plásticas quadradas	25
Figura 4 – Laje nervurada bidirecional em concreto armado	26
Figura 5 – Fôrmas plásticas de laje nervurada unidirecional em concreto armado...	27
Figura 6 – Laje treliçada unidirecional com enchimento cerâmico	28
Figura 7 – Representação de pista de protensão com aderência inicial	30
Figura 8 – Representação de bainhas	31
Figura 9 – Evolução dos cabos não aderentes	34
Figura 10 – Cordoalha não aderente.....	34
Figura 11 – Cordoalha engraxada e plastificada.....	35
Figura 12 – Curvatura de protensão não aderente.....	36
Figura 13 – Cordoalha coberta com graxa e revestida com bainha plástica	40
Figura 14 – Acessórios componentes do sistema de protensão não aderente	40
Figura 15 – Ancoragem.....	41
Figura 16 – Esclerômetro	45
Figura 17 – Fluxograma resumo dos procedimentos metodológicos	49
Figura 18 - Edifício em que ocorreram os dois estudos de caso.....	51
Figura 19 – Local do rompimento da faixa de cabos em cordoalha não aderente. ...	53
Figura 20 – Traçado dos cabos na posição horizontal, evidenciando o local do rompimento.	54
Figura 21 – Vista inferior lateral da situação da laje após rompimento da faixa de cabos não aderentes.....	55
Figura 22 – Vista inferior frontal da situação da laje após rompimento da faixa de cabos não aderentes.....	55
Figura 23 – Bloco de concreto expelido pelo rompimento da cordoalha	56
Figura 24 – Escoramento imediato da área afetada.....	57
Figura 25 – Local do deslocamento da faixa de cabos não aderentes.....	58
Figura 26 – Deslocamento da faixa de cabos não aderentes.....	59
Figura 27 – Deslocamento de faixa de cabos próximo a caixas de passagens hidrossanitárias.	60
Figura 28 – Extração do corpo de prova em torno da sinistro ocorrida.....	63

Figura 29 – Corpo de prova após extração	64
Figura 30 – Ensaio de esclerometria realizado em torno do local afetado	65
Figura 31 – Resultado final após os processos de reparo e reforço do local do rompimento da cordoalha.....	66
Figura 32 – Resultado final do reparo realizado para corrigir o deslocamento da faixa de cabos.....	69
Figura 33 – Cronograma de processos construtivos para reparo do rompimento de cordoalha.....	71
Figura 34 – Cronograma de processos construtivos de reparo do sinistro ocorrido, deslocamento de cordoalha.	72
Figura 35 – Processo de grampeamento de cordoalha na estrutura.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

COVID-19	<i>Corona Vírus Disease 2019</i>
<i>fck</i>	Resistência Característica do Concreto à Compressão
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1.	Objetivos	15
1.1.1.	<i>Objetivo geral</i>	<i>15</i>
1.1.2.	<i>Objetivos específicos:.....</i>	<i>15</i>
1.2.	Estrutura do trabalho	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1.	Materiais de protensão: relação concreto x aço.....	17
2.2.	Conceito e breve história da protensão	19
2.3.	Tipos de lajes de concreto.....	21
2.3.1.	<i>Laje maciça</i>	<i>22</i>
2.3.2.	<i>Laje nervurada.....</i>	<i>25</i>
2.3.3.	<i>Laje treliçada</i>	<i>27</i>
2.4.	Sistema de protensão em lajes maciças de concreto	29
2.4.1.	<i>Protensão aderente</i>	<i>30</i>
2.4.2.	<i>Protensão não aderente</i>	<i>33</i>
2.5.	Sinistros estruturais.....	37
2.5.1.	<i>Sinistros no processo de protensão.....</i>	<i>38</i>
2.5.2.	<i>Sinistros em projeto</i>	<i>38</i>
2.5.3.	<i>Sinistros nos materiais componentes</i>	<i>39</i>
2.5.4.	<i>Sinistros na produção do concreto</i>	<i>42</i>
2.5.5.	<i>Sinistros no sistema de fôrmas.....</i>	<i>42</i>
2.5.6.	<i>Sinistros no processo de transporte</i>	<i>42</i>
2.5.7.	<i>Sinistros no adensamento do concreto.....</i>	<i>43</i>
2.6.	Diagnóstico: ensaios não destrutivos	44
2.6.1.	<i>Esclerometria.....</i>	<i>44</i>
2.6.2.	<i>Ultrassonografia.....</i>	<i>45</i>
2.6.3.	<i>Pacometria</i>	<i>46</i>
2.6.4.	<i>Permeabilidade.....</i>	<i>46</i>

3	METODOLOGIA.....	47
3.1.	Delineamento da pesquisa	47
3.2.	Fluxograma de atividades.....	49
3.2.1.	<i>Levantamento bibliográfico.....</i>	<i>50</i>
3.2.2.	<i>Descrição do estudo de caso</i>	<i>50</i>
3.2.3.	<i>Análise dos resultados do caso em estudo</i>	<i>52</i>
4	RESULTADOS.....	53
4.1.	Descrição de caso: rompimento de cordoalha	53
4.2.	Descrição de caso: deslocamento de cordoalha.....	57
4.3.	Entrevistas com responsáveis técnicos.....	61
4.3.1.	<i>Resultados de entrevistas administrativas sobre o sinistro 1- Rompimento da cordoalha.....</i>	<i>61</i>
4.3.2.	<i>Resultados de entrevistas administrativas sobre o sinistro 2 – Deslocamento de cordoalha.....</i>	<i>67</i>
4.4.	Entrevista com Empresa A de protensão.....	70
4.4.1.	<i>Resultado da entrevista técnica sobre o sinistro 1 e 2 - Rompimento e deslocamento de cordoalha.....</i>	<i>71</i>
5	CONCLUSÕES	74
	REFERÊNCIAS.....	76
	ANEXO A – PROJETO DO TRAÇADO DOS CABOS NA HORIZONTAL.....	81
	ANEXO B – PROJETO DO TRAÇADO DOS CABOS NA VERTICAL	82
	ANEXO C – GALERIA DE IMAGENS DOS SINISTROS EM ESTUDO	83
	APÊNDICE A – ENTREVISTA 1 – ADMINISTRATIVA PARA SINISTRO 1	85
	APÊNDICE B – ENTREVISTA 2 – ADMINISTRATIVA PARA SINISTRO 1	91
	APÊNDICE C – ENTREVISTA 1 – ADMINISTRATIVA PARA SINISTRO 2	97
	APÊNDICE D – ENTREVISTA 2 – ADMINISTRATIVA PARA SINISTRO 2	102
	APÊNDICE E – ENTREVISTA TÉCNICA PARA SINISTRO 1 E 2.....	107

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma área que está em constante crescimento, demandando inovações e aprimoramentos relacionados aos materiais utilizados e às técnicas construtivas. Essa demanda vem da necessidade de execução de projetos arquitetônicos cada vez mais sofisticados, transformando as novas estruturas em soluções mais elaboradas e modernas. Diante dessa exigência presente no mercado, a engenharia estrutural vem se desenvolvendo cada vez mais, visando solucionar os projetos de maneira mais eficiente, assegurando a segurança e vida útil da estrutura, garantindo econômica e acatando aos requisitos arquitetônicos.

O uso adequado dos materiais de construção está diretamente relacionado ao desempenho dessas estruturas. Bastos (2014) mostra que, historicamente, os materiais de construção sofreram mudanças significativas, se apresentado de forma cada vez mais inovadora, sempre se adequando à demanda do mercado. Os primeiros materiais a serem empregados nas construções foram a pedra natural e a madeira, materiais mais abundantes e de fácil acesso. Posteriormente, devido às limitações destes, o emprego do concreto e do aço cresceu materiais esses que são amplamente utilizados até os dias de hoje.

Hibbeler (2013) conceitua estrutura como um sistema de partes unidas entre si com a função de suportar uma carga. Em edifícios de múltiplos pavimentos, essas partes que compõe a estrutura, formando um sistema estrutural, devem possuir a eficiência de resistir a esforços e garantir a estabilidade da estrutura. Dos elementos estruturais mais utilizados estão as lajes, as vigas e os pilares. As lajes recebem todas as cargas atuantes no pavimento referentes à utilização, como cargas de móveis, pessoas, revestimentos, divisórias, dentre outras. As lajes devem ser apoiadas em vigas e pilares que vão receber essas cargas e transferi-las para o solo, mantendo o equilíbrio e a estabilidade da estrutura.

Atualmente o mercado da construção civil brasileiro possui uma variedade de tipos de lajes em concreto, como lajes nervuradas, lajes maciças e lajes treliçadas. O que as diferencia é a forma como são dispostas no pavimento e o material que as compõe, contudo o comportamento estrutural é sempre o mesmo, com a tendência à flexão como esforço principal. Para auxiliar a vencer os esforços de flexão, possibilitando maiores vão e menor uso de pilares e vigas altas, é possível executar essas lajes complementadas por um sistema de protensão. Dessa forma,

lajes protendidas geralmente possuem menores espessuras, apresentando fissuração e flechas reduzidas, comportamento que impacta diretamente nos custos de produção (LOUREIRO, 2006).

A ABNT NBR 6118 (2014), que determina especificações para lajes protendidas, aponta que elementos em concreto protendido são aqueles nos quais parte das armaduras, conhecidas como cordoalhas, é sujeita a uma tensão prévia por meio de equipamentos específicos de protensão. A citada norma ainda fala que o objetivo dessa tensão prévia deve ser de, em condições de serviço, impedir ou limitar a fissuração e os deslocamentos da estrutura e propiciar o melhor aproveitamento de aços de alta resistência no estado limite último (ELU). Atualmente, utilizam-se em obras de construção civil dois tipos de cordoalhas, as cordoalhas aderentes e as não aderentes.

Macedo (2016) traz um exemplo histórico no Brasil, mostrando que a primeira obra que se utilizou de concreto protendido foi à Ponte do Galeão, no Rio de Janeiro, em 1948. O autor mostra que, nessa época, o uso da protensão estava restrito às cordoalhas aderentes, com o aço, a ancoragem e até mesmo o projeto importados da França. Com isso, a execução era onerosa e demandava tempo e esforço maiores do que as técnicas convencionais, o que restringiu o uso do sistema de protensão para obras de grande porte.

Visando vencer essas limitações da protensão aderente, surgiu a protensão não aderente, porém o comportamento dos dois tipos de cabos é semelhante. A protensão não aderente é aquela formada por cordoalhas envolvidas em capa plástica, de forma que sua aderência ao concreto ocorre indiretamente, e que possui uma graxa entre o aço e a cordoalha que a permite deslizar para que seja feita a protensão posterior à concretagem. O surgimento da protensão não aderente possibilitou um aumento da utilização da protensão, pois sua execução é mais simples e o material mais leve, podendo ser utilizada em obras de pequeno e médio porte (VASCONCELOS, 2011).

Contudo, apesar das vantagens provenientes da técnica de protensão, seu uso ainda é restrito no país. Ainda que sua técnica seja comumente usada e difundida em vários outros países do mundo, no Brasil, questões culturais ainda limitam o uso da protensão de forma mais abrangente. Parte desse receio vem das possibilidades de sinistros, também conhecida de maneira mais técnica como

sinistro, sendo atribuídas ao sistema de protensão, que pode danificar a estrutura durante sua execução ou ainda após anos de uso.

Esses sinistros devem ser conhecidos para serem prevenidas ou tratadas. Contudo, por ser uma técnica com o uso generalizado considerado de certa forma recente, são poucos os casos descritos e analisados de fácil acesso aos engenheiros e projetistas. Assim, a problemática do presente estudo envolve o olhar para a melhor divulgação de casos de sinistro em protensão, acreditando que ajudem em futuros projetos, seja na prevenção ou na recuperação estrutural.

Com isso, este estudo se justifica primeiramente por fornecer subsídios na tomada de decisão estrutural, auxiliando a reduzir as ideias errôneas a respeito do sistema de protensão, sua execução e seus materiais. Para isso, buscou-se apresentar uma análise sobre sinistros em sistemas de lajes maciças em concreto protendido, desde as possibilidades de patologias e colapsos, até as formas de manutenção e recuperação estrutural. Tal análise será embasada por estudo de caso em obra realizada na cidade de Fortaleza/CE, em cujo processo de execução ocorreu dois sinistros em lajes maciças, um rompimento e um deslocamento de cordoalha.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

Analisar os sinistros em projeto e execução de lajes maciças de concreto armado com cordoalha de protensão não aderente embasado em caso real em obra de edifício residencial localizado na cidade de Fortaleza/CE.

1.1.2. Objetivos específicos:

- a) Descrever os tipos de protensão e sua relação com diferentes tipos de laje em concreto;
- b) Apresentar informações sobre os tipos de sinistros possíveis em sistema de protensão não aderente em lajes de concreto;
- c) Conferir ensaios e procedimentos para diagnosticar sinistros em sistema de protensão não aderente em lajes de concreto;

- d) Analisar as soluções obtidas no caso em estudo para garantir a segurança e estabilidade estrutural após o sinistro detectado;
- e) Analisar impacto desse sinistro nos processos de execução e na segurança da estrutura.

1.2. Estrutura do trabalho

O trabalho possui uma estrutura em cinco capítulos. Onde o primeiro está a introdução, a problemática, a justificativa e os objetivos da pesquisa. O segundo capítulo compreende o referencial teórico, que apresenta uma descrição dos tipos de protensão e sua relação com diferentes tipos de laje em concreto, além de informações sobre os tipos de sinistros possíveis em sistema de protensão não aderente em lajes de concreto e as formas de recuperação estrutural. A terceira seção é designada à metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa, expondo detalhes do estudo de caso e as formas de obtenção de dados. A quarta seção apresenta os resultados e as análises realizadas sobre a descrição do caso em estudo. Por fim, a quinta seção dispõe as considerações finais, apresentando as conclusões e sugestões para pesquisas futuras, sugerindo possibilidades de continuidade e aprimoramento deste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, será apresentada uma descrição dos tipos de protensão e sua relação com diferentes tipos de laje em concreto. É feito um detalhamento do tipo de laje em estudo, laje maciça em concreto com protensão não aderente, desde os materiais componentes, passando pelo comportamento estrutural, até a etapa de execução e os impactos no desempenho da estrutura. Por fim, são apresentados dados sobre os tipos de sinistros possíveis em sistema de protensão não aderente em lajes de concreto, atrelados a algumas das formas de recuperação estrutural. Mas inicialmente, para compreender o sistema de protensão, é preciso entender a relação entre o concreto e o aço.

2.1. Materiais de protensão: relação concreto x aço

As construções vêm se desenvolvendo ao longo do tempo de acordo com a necessidade de cada população e dos materiais disponíveis em cada região. Materiais esses que se encontrava com facilidade na natureza, como a pedra natural e a madeira, foram os primeiros materiais a serem utilizados em construções. Abrigos rudimentares eram construídos inicialmente com galhos de árvores, adobe e pedra, até que as dificuldades em moldar as pedras levaram à busca por um material resistente, mas moldável. Com isso, o concreto surgiu como uma opção às limitações que os materiais rudimentares traziam, auxiliando no desenvolvimento das construções como conhecemos hoje.

Veríssimo (1998), afirma que o concreto armado junto à protensão, iniciou a partir da criação do cimento Portland, na Inglaterra, em 1824. Posteriormente, na França e na Alemanha deu-se início à produção do cimento Portland em larga escala, com trabalho constante em seu aperfeiçoamento a fim de melhorar a capacidade do concreto.

O concreto convencional usado na construção civil, da forma como conhecemos hoje, é o resultado da combinação de três componentes básicos: aglomerantes (cimento), agregados (grãos e miúdos) e água. Em determinados casos, existe a possibilidade de transformar essa mistura, conferindo características especiais relacionada a sua destinação final, por meio da adição de componentes químicos conhecidos como aditivos. Allen e Iano (2013) mostram que podem ser

empregados aditivos industrializados para compor a mistura do concreto, os quais reagem com os ingredientes básicos e modificam algumas propriedades, melhorando o concreto para sua utilização.

A partir dessa mistura, sabe-se que o concreto é um material com alta resistência à compressão, mas baixa resistência à tração. Por essa razão, Araújo (2010) classifica o concreto simples como um material frágil, suscetível a fissuras. A adição de barras de aço ao concreto veio como solução a essa limitação.

Sendo o concreto armado a união do concreto simples com uma armadura, arranjada por barras de aço, que possuem alta resistência à tração, tem-se um terceiro material, diferente do concreto simples e do aço isoladamente, com capacidade de suporte tanto aos esforços de compressão, por parte do concreto, quanto aos de tração, pelo aço, atendendo os requisitos descritos em norma. (BASTOS, 2006)

Conforme Carvalho (2012), o aço do concreto armado é considerado como um material de trabalho passivo, pois só inicia o seu processo de acomodação quando a estrutura começa a trabalhar. Em outras palavras, o aço do concreto armado só ativa sua função posteriormente à retirada gradual do escoramento, e consequentemente, quando se inicia a deformação do concreto da estrutura.

Contudo, mostra que esse trabalho passivo só é possível porque existe uma boa relação entre o aço e o concreto, que trabalham por meio da aderência entre eles. Se não houver aderência, não existe concreto armado. (CARVALHO, 2013)

Já no caso do concreto protendido, as barras de aço são previamente tracionadas, antes da retirada do escoramento. A aplicação de tensão ocorre através de macacos hidráulicos, manuseados por trabalhadores qualificados. Sendo assim, o aço está sempre ativo, mesmo se as escoras não forem retiradas e o concreto não estiver trabalhando ou se deformando. Contudo, da mesma forma que o concreto armado, a aderência entre os materiais de protensão e o concreto precisa existir para que eles consigam trabalhar em conjunto, absorvendo os esforços em parceria. Havendo vazios significativos, prejudicando a aderência, a protensão também fica comprometida. Essa relação, do concreto e protensão, estão ligadas diretamente ao tipo de protensão e aos seus componentes. Tendo atualmente no mercado dois tipos de protensão diferentes, é preciso compreender cada um deles para entender seu comportamento, o que será descrito em tópicos posteriores. Primeiro é

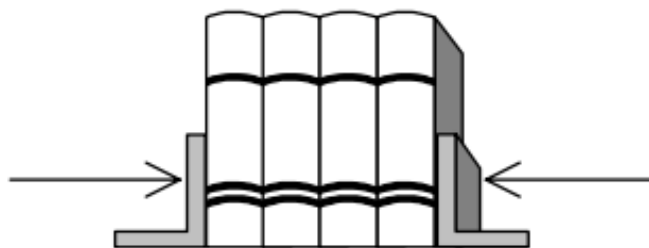
importante entender o conceito de protensão para a construção civil e como essa solução começou a ser empregada em elementos estruturais.

2.2. Conceito e breve história da protensão

O conceito de protensão pode ser relativamente recente, mas muito antes do conceito que se tem hoje sobre protensão, o homem já fazia uso dessa técnica com outros meios. Antes de ser utilizada em edificações convencionais, a ideia da tensão prévia era utilizada, por exemplo, em arcos de barris pressionados entre si e rodas, muito utilizada em carroças, utilização de forma rústica do conceito de protensão. Com isso, antes de apresentar o funcionamento das lajes protendidas, faz-se necessário conhecer como o conceito de protensão chegou ao mercado da construção civil.

Vasconcelos (2010) afirma que a protensão consiste em aplicar numa estrutura um estado prévio de tensões com a finalidade de melhorar sua resistência ou seu comportamento perante diversas condições. Na engenharia, a forma mais simples de compreender o conceito de tensão prévia é por meio de um exemplo clássico utilizando uma pilha de livros. Para carregar um conjunto de livros em fila, dispostos horizontalmente, que posteriormente devem ser levantados sem que caiam, é imprescindível a aplicação de uma força na horizontal que estabeleça uma compressão contra os livros, como está representado na Figura 1.

Figura 1 – Exemplo do conceito de protensão



Fonte: VERÍSSIMO, (1998).

Sendo o concreto armado um dos materiais mais utilizados na construção civil, percebeu-se que a sua limitação em vencer grandes vãos se justificava pelo material possuir uma baixa resistência à tração. Com isso, buscou-se eliminar essas

tensões de tração no concreto empregando os conceitos de protensão, surgindo, daí, a busca por aplicar essa solução em lajes e vigas em concreto armado.

Pfeil (1980) traz a história da protensão na construção civil, descrevendo o primeiro teste de concreto protendido executado no final do século XIX.

Inicialmente, o uso da protensão na construção civil era ineficiente, onde as retrações existentes no concreto causavam um efeito de perda das tensões na protensão, detalhe esse que era desconhecido na época.

Contudo, em 1919, foi realizada na Alemanha, pela primeira vez, a utilização de aço com altas resistências e elevadas tensões empregadas em pequenas placas de concreto usando cordas de piano altamente tensionadas. Pelo sucesso do experimento, considerou-se a ideia da aplicação da tensão prévia satisfatória e reconhecida como potencial solução para elementos estruturais. (VASCONCELOS, 2010).

O engenheiro francês Eugène Freyssinet, foi quem executou a primeira obra em concreto protendido, executando os processos que conhecemos hoje, se tornando uma das figuras mais importantes e contribuinte para evolução dos processos construtivos na engenharia civil. No Brasil a primeira obra a fazer uso do concreto protendido foi a Ponte do Galeão, localizada no Rio de Janeiro, em 1948, utilizando o sistema Freyssinet, trazendo projetos importados da França com especificações do aço e ancoragem. Porém só foi em 1952, quando a Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira deu início às atividades de fabricação de aço destinadas a protensão, que o Brasil pôde então executar sua primeira obra em protensão com aço nacional: a Ponte de Juazeiro. (SOUZA; MACEDO, 2016).

Contudo, Santos (2017) afirma que, mesmo com todos os avanços tecnológicos, o concreto protendido tem seu uso restrito no Brasil, mesmo que seu maior uso seja no Nordeste, Curitiba e Minas, na região sudeste já se observa uma procura por treinamentos e qualificação de engenheiros para essa técnica. Mesmo que a técnica da protensão apresente inúmeras vantagens e seu processo construtivo seja comumente usado em vários outros países do mundo, no Brasil a cultura do concreto armado ainda prevalece.

Com isso, torna-se necessária uma maior divulgação das características dessa solução de forma a difundir seu uso e tornar o concreto protendido uma opção no processo de tomada de decisão de projeto.

Assim, dentre os maiores benefícios advindos da solução da protensão, tem-se um maior controle sobre as fissurações, possibilitando uma maior durabilidade das peças que são submetidas a esse processo. Vigas e lajes protendidas conseguem trabalhar com grandes vãos, reduzindo a quantidade de pilares no pavimento, característica essa que é muito apreciada pelos arquitetos, que instiga a criatividade de um ambiente com menos elementos estruturais que interferem na ambientação, proporcionando cada vez mais a liberdade arquitetônica da estrutura. Por fim, esse tipo de vão é observado na utilização de lajes planas e lisas e que possuem uma altura única para toda a laje, que quando aliadas à utilização de concreto protendido, conseguem otimizar ainda mais o efeito de leveza da estrutura sem deixar de atender seus requisitos estruturais e de serviço e exigidos em normas. (SOUZA; MACEDO, 2016).

O sistema de protensão está ligado diretamente ao concreto, pois é o único material que permite realizar a tensão prévia internamente. Em vigas e lajes de madeira e aço, a protensão geralmente é utilizada como reforço estrutural, sempre de forma externa e aparente. Com isso, é importante existir uma boa relação entre os dois materiais constituintes, o concreto e o aço de alta resistência, de forma a garantir o bom desempenho das estruturas, como já discutido anteriormente. Para entender como ocorre essa interação nas lajes maciças, objeto de estudo desse trabalho, é preciso entender primeiramente os tipos de laje existentes no mercado em que pode ser utilizado o sistema de protensão.

2.3. Tipos de lajes de concreto

A construção civil passou por grandes melhorias ao longo de décadas, e, entrando na área estrutural, com as lajes não poderia ser diferente. Atualmente, temos diferentes tipos de lajes, com desempenho, execução e finalidade distintos, com objetivo de atender às necessidades específicas de cada projeto.

De acordo com Araújo (2014) as lajes são elementos estruturais que possuem como principal funcionalidade receber as cargas promovidas pela edificação, aplicando-as nos pisos, e distribuir esse carregamento para as vigas. É

responsável também pela estabilidade global das edificações, distribuindo as ações horizontais e assegurando o trabalho de contraventamento.

Dentre os principais tipos de lajes em concreto armado e protendido utilizadas atualmente no mercado da construção Brasileiro estão a laje maciça, a laje nervurada e a laje treliçada. Cada uma destas terá seu comportamento e execução descritos nos itens a seguir.

2.3.1. Laje maciça

A laje maciça de concreto é caracterizada como um elemento estrutural com comportamento de placa, com duas de suas dimensões maiores do que a terceira, sendo esta última a espessura. É uma das opções estruturais mais utilizadas na construção civil, especialmente por trazer um método de cálculo acessível e uma execução simples. Sua execução, baseada na norma de desempenho para execução de estruturas (ABNT NBR 15557, 2013), pode ocorrer de forma apoiada por vigas ou com alvenarias estruturais executadas em seu contorno.

Emerick (2002), relata que para definir a espessura da laje lisa, a mesma deve ser uniforme e determinada conforme a destinação final da estrutura e particularidades arquitetônicas, contudo deve ser verificado a flecha máxima e o risco de vibração excessiva devido a espessura da laje.

Um exemplo de representação de laje maciça em concreto armado, com espessura fora de escala para mostrar o posicionamento das armaduras positivas e negativas, pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Representação de laje maciça em concreto armado



Fonte: <http://construcao.dicasenovidades.com.br>.

As lajes maciças são mais destinadas para vãos pequenos, não sendo adequada para assumir grandes vãos livres, pois quanto maior seu comprimento, maior deverá ser sua espessura, acarretando o aumento do peso próprio e, conseqüentemente, no custo (ARAUJO, 2014). Spohr (2008) confirma que lajes maciças, ou em concreto armado, não são adequadas para vencer grandes vãos, recomendando como prática usual adotar como vão médio econômico para essas soluções um valor entre 3,5 m e 5 m.

Segundo a ABNT NBR 6118 (2014), lajes maciças devem seguir limites mínimos para sua espessura, que são:

- a) 7 cm para lajes de piso ou cobertura em balanço;
- b) 10 cm para lajes que suportem veículos de peso total menor ou igual a 30 kN;
- c) 5 cm para lajes de cobertura não em balanço;
- d) 12 cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30 kN;
- e) 15 cm para lajes com protensão apoiadas em vigas, $l/42$ para lajes de pisos biapoiadas e $l/50$ para lajes de piso contínuas, (l = vãos considerados, cm);
- f) 16 cm para lajes lisas;
- g) 14 cm para lajes-cogumelo.

Dentre as vantagens de se utilizar lajes maciças têm-se as já citadas facilidade de execução e simplicidade nos cálculos de dimensionamento. Contudo, Mascia (2008) também declara como diferencial das lajes maciças uma menor suscetibilidade quanto à presença de trincas e fissuras. Isso ocorre, pois, durante o

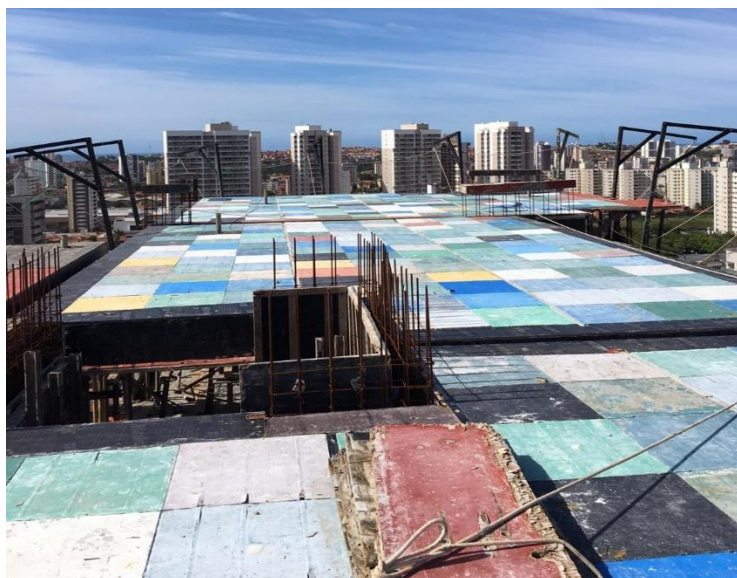
processo de cura do concreto, a estrutura é capaz de atuar de modo isostático, dilatando e contraindo uniformemente. Albuquerque (1999) reforça como vantagem o fato da existência de muitas vigas, que acabam formando muitos pórticos, o que garante uma boa rigidez à estrutura de contraventamento.

Contudo, existem limitações construtivas que inviabilizam seu uso em algumas destinações. Como principais desvantagens tem-se o já citado uso limitado a pequenos vãos, o elevado peso próprio e o gasto elevado de madeira para compor fôrmas e escoras, fato que impacta diretamente nos custos (SPORT, 2008). Albuquerque (1999) complementa como desvantagem, que as lajes maciças, por possuírem uma grande quantidade de vigas, ficam sujeitas ao uso de fôrmas com muitos recortes, o que pode interferir na produtividade da construção.

Diante das vantagens e benefícios em se utilizar esse tipo de laje, soluções foram desenvolvidas visando vencer as citadas limitações. Um exemplo de avanço tecnológico bastante utilizado em obras de concreto armado são as lajes nervuradas e protendidas. De acordo com Spohr (2008), o emprego das lajes maciças em concreto armado exige grandes espessuras, tornando-se muitas vezes antieconômica. Por essa limitação, o emprego de aços de alta resistência tracionados na forma do sistema de protensão surgiu como solução na execução de grandes vãos com menor consumo de concreto.

Para o problema com as fôrmas de madeira, foi desenvolvido um tipo de fôrma plana plástica quadrada, as quais são montadas justapostas, da mesma forma que as chapas de madeira. O plástico dá a vantagem da reutilização por mais vezes, reduzindo consideravelmente o desperdício e os custos com fôrma, especialmente em elementos repetidos como lajes de pavimentos tipo. A Figura 3 mostra um exemplo de fôrmas dispostas em pavimento, para serem concretadas e originarem uma laje maciça.

Figura 3 – Demonstração de uso de fôrmas planas plásticas quadradas



Fonte: Autora (2019).

2.3.2. Laje nervurada

Com os avanços arquitetônicos, tem-se a necessidade de vãos maiores e, como consequência, os custos de laje maciça para essa exigência se tornou muito elevado. Com isso, o conceito de laje nervurada surgiu para suprir essa demanda, sem comprometer os custos de execução. Araújo (2014) mostra que as lajes nervuradas surgiram com a proposta de serem mais leves, reduzindo o peso próprio da estrutura, possibilitando criar soluções mais abrangentes na arquitetura pela maior capacidade de vencer grandes vãos, comumente maiores que 8 metros.

Segundo Vasconcelos (2010) a execução de lajes nervuradas se tornou bastante conhecida de utilizada no mercado nacional nos últimos anos, mostra que, enquanto as lajes maciças possuem espessura constante, as lajes nervuradas são formadas por nervuras e vazios, ou colmeias. A ideia principal é que a estrutura se comporte como grelha, com nervuras que trabalham como vigas, muito próximas umas das outras, posicionadas nas duas direções, de forma a absorver todos os esforços. Para preencher os vazios, coloca-se uma fina camada de concreto, sem função estrutural, mas com função de unir as nervuras e tornar a laje uniforme e possível de ser utilizada. Assim, com a vantagem de economia de concreto gerada pelos vazios, sem comprometer o desempenho da estrutura, e aliada a uma grande

inércia oferecida pelas nervuras, têm-se no mercado da construção as lajes nervuradas, opção dentre as atualmente preferidas pelos calculistas e arquitetos.

Conforme a ABNT NBR 6118 (2014), as lajes nervuradas podem ser classificadas, de acordo com o posicionamento das nervuras, como unidirecionais ou bidirecionais. As lajes nervuradas bidirecionais possuem nervuras montadas nos dois sentidos, distribuindo de forma uniforme os esforços presentes na estrutura. Para facilitar o processo de dimensionamento, as lajes nervuradas bidirecionais são dimensionadas da mesma forma que as lajes maciças, pois seus comportamentos são semelhantes a efeito de atender aos esforços solicitantes. A Figura 4 mostra um exemplo de laje nervurada bidirecional em concreto armado.

Figura 4 – Laje nervurada bidirecional em concreto armado



Fonte: IMPACTO – Catálogo de fôrmas, (2017).

Já as lajes nervuradas unidirecionais são aquelas que, a fim de possuir uma maior economia, são executadas com nervuras em apenas um dos sentidos, assemelhando o trabalho dessa laje à de várias vigas posicionadas paralelamente. Esse modelo se torna mais econômico do que as nervuras bidirecionais, pois aumenta o volume de vazios das nervuras, resultando em uma economia de aço e concreto. (ARY, 2017). A Figura 5 mostra um exemplo de fôrmas plásticas montadas para dar origem a uma laje nervurada unidirecional, cuja principal diferença é a utilização de um elemento denominado tapa nervura.

Figura 5 – Fôrmas plásticas de laje nervurada unidirecional em concreto armado



Fonte: IMPACTO – Catálogo de fôrmas (2017).

Uma das principais limitações desse tipo de laje é o uso de fôrmas prontas, sendo difícil, ou praticamente inviável, a execução de fôrmas em madeira para essa finalidade. O uso de fôrmas prontas se torna uma limitação especialmente para obras de pequeno porte, que não conseguem conceber em seu orçamento o custo do aluguel dessas fôrmas. Assim, o uso de lajes nervuradas acaba ficando restrito às obras com maior número de repetições de elementos estruturais, como obras com vários pavimentos ou lajes de grande área.

Contudo, existe uma solução, de comportamento similar ao das lajes nervuradas, que é bastante utilizado em obras de pequeno porte pelos seus elementos componentes serem pré-fabricados, eliminando ou diminuindo a necessidade de fôrmas específicas. São as lajes treliçadas, também conhecidas popularmente como lajes volterranas, as quais serão descritas no tópico seguinte.

2.3.3. Laje treliçada

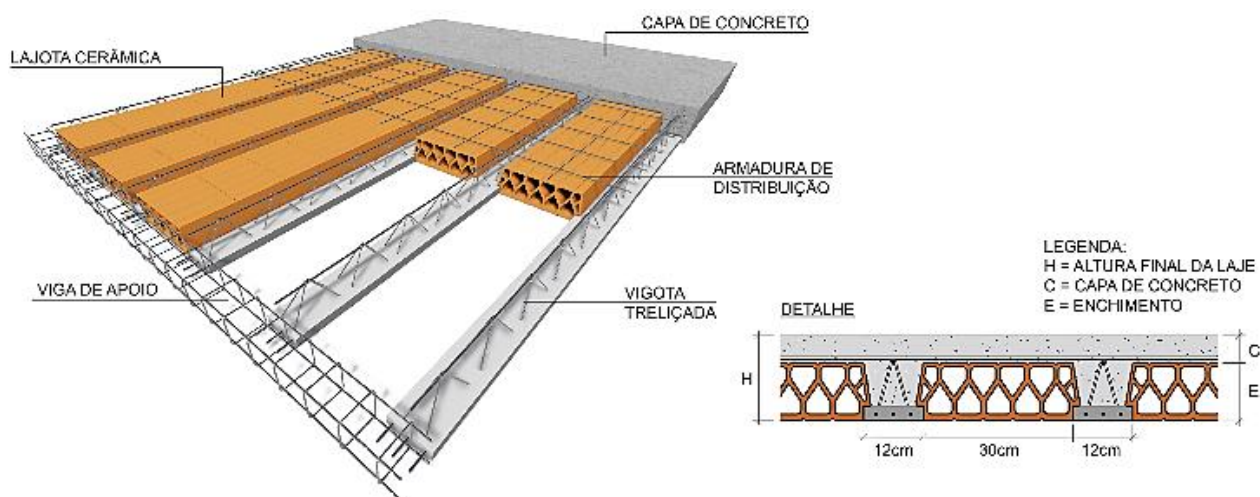
As lajes treliçadas, conhecidas também como lajes pré-moldadas, podem ser montadas em um processo anterior à execução em campo, já vindo de forma pré-fabricada e pronta para montagem e concretagem. Decorrente de ser uma laje com uma proposta menos elaborada, o manuseio e transporte é acessível, os materiais são de fácil obtenção e podem ser executadas, semelhante às lajes nervuradas, de forma uni ou bidirecional.

Segundo Boger (2007), a laje nervurada treliçada, ou simplesmente laje treliçada, é constituída por vigotas treliçadas pré-fabricadas, direcionadas para o lado que possuir o menor vão. Essas vigotas, com função estrutural, são espaçadas adequadamente, sendo o espaço entre elas preenchido por elementos de enchimento ou por fôrmas, ambos servindo como suporte para a camada de concreto que deve ser colocada por cima para unir as vigotas e uniformizar a laje.

Cunha (2012) separa as lajes treliçadas em dois grupos distintos: a laje treliçada com cubetas plásticas e a laje treliçada composta por vigota treliçada e elementos de enchimento. Dentre os elementos de enchimento mais utilizados estão as lajotas cerâmicas e lajotas de poliestireno expandido (EPS).

A Figura 6 mostra a representação de uma laje treliçada unidirecional com enchimento com lajota cerâmica. É possível visualizar as vigotas pré-fabricadas posicionadas paralelamente, distantes na mesma largura do enchimento cerâmico, posicionamento que já serve de fôrma para a aplicação da capa de concreto.

Figura 6 – Laje treliçada unidirecional com enchimento cerâmico



Fonte: <https://www.lajeshertel.com.br/produtos/laje-trelicada>.

De acordo com Spohr (2008), as vantagens presentes nessa técnica construtiva são:

- a) Redução no peso da laje e conseqüente um alívio sobre o carregamento nas fundações;

- b) Reduz a propagação de ruídos;
- c) Reduz a propagação de calor (blocos de EPS);
- d) Redução significativa de fôrmas acarretando economia de madeiramentos e evitando desperdícios;
- e) Diminuem custos de mão de obra de ferreiros e carpinteiros;
- f) Reduzem-se os prazos de execução de obras.

Para atender as vantagens da laje treliçada, tem-se a utilização de diversos tipos de elementos de enchimento, os quais possuem uma participação significativa na redução do peso próprio da laje. Isso ocorre, pois ocupam espaços que anteriormente seriam ocupados pelo concreto, que possui um peso específico bem maior. Além disso, os elementos de enchimento são materiais de fácil acesso e baixo custo quando comparados ao concreto, e seu manuseio não exige uma mão de obra qualificada.

Dentre as principais desvantagens, pode-se destacar a dificuldade na execução das instalações prediais, que devem ser previamente alocadas antes da concretagem, e a necessidade de uso de equipamentos para o içamento das peças. Carvalho e Figueiredo (2004) destacam ainda que se faz necessário um cálculo mais rigoroso caso seja necessário a locação de paredes sobre a laje sem que exista uma viga como suporte.

2.4. Sistema de protensão em lajes maciças de concreto

Como já apresentado, a ABNT NBR 6118 (2014), que determina especificações para lajes protendidas, aponta que elementos em concreto protendido são aqueles nos quais parte das armaduras, conhecidas como cordoalhas, é sujeita a uma tensão prévia por meio de equipamentos específicos de protensão.

Atualmente, o mercado da construção utiliza dois tipos de cordoalhas, as cordoalhas aderentes (para protensão aderente) e as cordoalhas engraxadas (para protensão não aderente). (KAESTNER, 2015).

Os tópicos seguintes detalham cada um desses tipos de protensão.

2.4.1. Protensão aderente

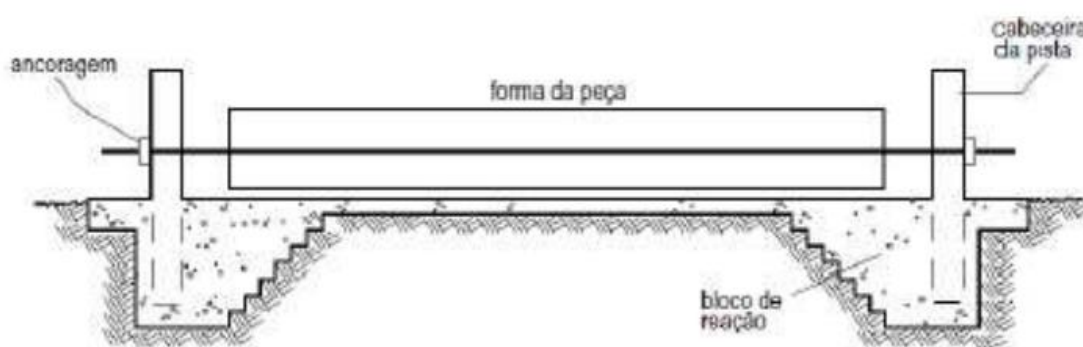
Segundo, Barboza (2014), o sistema de pré-tração ou aderência inicial, executa uma tração nos cabos que serão dispostos na laje, causando uma tensão antes do lançamento do concreto, que posteriormente é realizada a concretagem e o concreto inicia o processo de pega sem que haja a transferência de carga das cordoalhas diretamente para o concreto. Derivando assim à superfície do aço impede o movimento de encurtamento do aço, com isso acontece a transferência de carga e o cabo por sua vez passa a comprimir o concreto.

A vantagem dessa técnica, é que elimina na obra a execução da protensão, pois já vem pré-fabricada.

Inforsato (2009) descreve que a protensão aderente exige o seu uso em uma ampla pista, que é chamada de pista de protensão, onde em todo o seu traçado de cabos um lado é fixado pelas cunhas e porta cunhas, que é chamado de extremidade morta e a outra é a extremidade onde será feita a protensão.

Para melhor identificar o conceito de pista de protensão, a Figura 7 ilustra um esquema de pista de protensão.

Figura 7 – Representação de pista de protensão com aderência inicial



Fonte: VERÍSSIMO (1998).

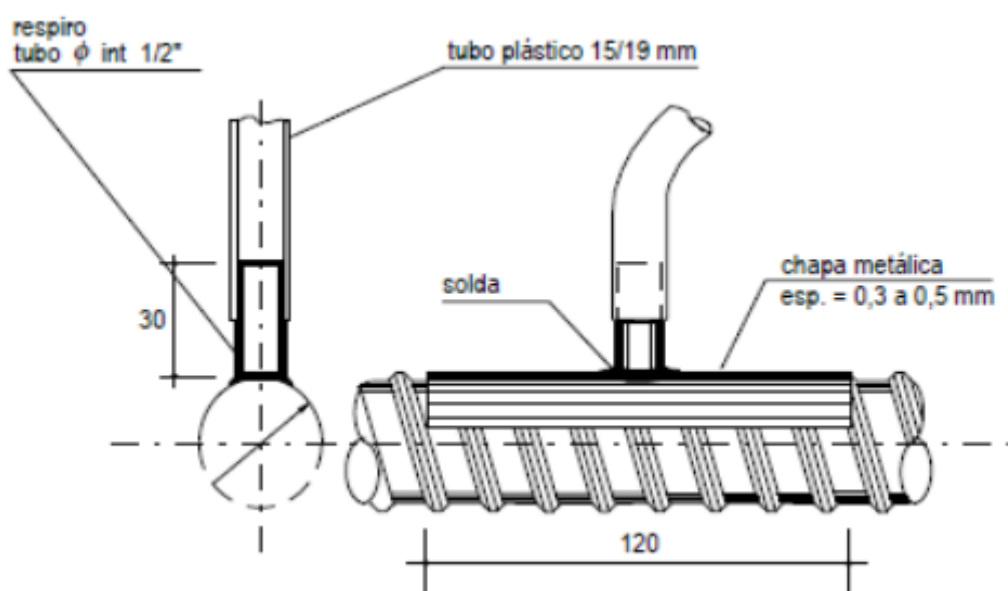
Veríssimo e Junior (1998) descrevem como atributo marcante da protensão com aderência inicial é que o sistema os cabos ativos exigem que haja um encontro sempre na posição equivalente à pista de protensão, para que em projeto e na execução os cabos estejam retos, que seguindo com a concretagem é necessário aguardar o concreto atingir o f_{ck} previsto no projeto e então é liberada a retirada dos excessos de cabos e são cortados, aplicando efetivamente a protensão

no elemento, que se dá pelo atrito entre as cordoalhas e o concreto. Elemento estrutural, criando posteriormente aderência com o concreto de modo permanente, através da injeção de natas nas bainhas.

Para Emerick (2002, p.4) os cabos determinados em projeto são depositados dentro de bainhas metálicas, onde as mesmas serão injetadas com nata de cimento após a operação de protensão das cordoalhas. Essa técnica tem apresenta um resultado satisfatório quanto à distribuição das fissuras e à segurança à ruptura para efeitos que possam vim a acontecer como: explosão, incêndios, demolição parcial, etc.

Onde, Vasconcelos (2010) descreve as bainhas como tubos que possam ser de plásticos ou metálicos, que constitui um papel de destaque no concreto protendido, pois dentro é dentro delas que a armadura será locada que são utilizadas no sistema de pós-tração, que por sua vez possam vim a receber ou não a pasta de cimento após o processo de macaqueamento dos cabos. A Figura 8 a seguir mostra com clareza todos os componentes, destacando as bainhas e os tubos de saídas de ar, que são chamados de respiros.

Figura 8 – Representação de bainhas



Fonte: VERÍSSIMO (1998).

Schmid (2007) descreve que os cabos que serão usados para compor protensão são compostos por cordoalhas de aço, onde as mais utilizadas são

compostas de sete fios com diâmetro de 12,7 mm ou 15,2 mm, que ficam soltas dentro da bainha, que permitem um deslocamento no processo de protensão, que também são compostas por ancoragens, bainhas metálicas e purgadores.

Quando a sua utilização, a protensão com aderência é empregada com mais frequência em construções de grande porte como: pontes, grandes reservatórios de água, contenção de taludes, cobertura de grandes vãos. Entretanto, essa técnica não restringe somente a essas obras, pois devido a sua eficiência e acessibilidade hoje em dia de materiais e mão de obra, pode ser aplicada em quase todos os meios da construção civil. (HANAI, 2005)

Para cada utilização, existe uma especificação de cordoalha exigida por norma, na Tabela 1 a seguir, mostra as características das cordoalhas.

Tabela 1 - Características das cordoalhas de aço

CARACTERÍSTICAS DAS CORDOALHAS DE AÇO COM PROTENSÃO ADERENTE		
Diâmetro nominal da cordoalha	ϕ 15,2 mm ou ϕ 5/8"	ϕ 12,7 mm ou ϕ 1/2"
Área nominal da seção de aço da cordoalha (valor recomendado para cálculo estrutural)	12,7 mm ²	143,3 mm ²
	100,9 mm ²	1,126 kg/m
Massa Nominal	0,792 kg/m	
Carga de ruptura mínima	18730 kgf = 187,30 kN	26580 kgf = 265,80 kN
Carga de 1% de deformação mínima	16860 kgf = 168,60 kN	23920 kgf = 239,20 kN
Relaxação máxima após 1000h	0,035	0,035
Módulo de elasticidade	202 kN/mm ² , +/- 3%	202 kN/mm ² , +/- 3%

Fonte: www.rufloff.com.br – Adaptado pelo Autor

Com tudo, os cabos aderentes possuem uma grande vantagem que é a limitação das deformações da estrutura, que resulta no aumento da eficiência da ação na flexão. Entretanto, se o concreto apresentar fissuras, o cabo aderente absorve totalmente a deformação que foi apresentada, ocorrendo um aumento nas tensões localizadas no aço, essas deformações do concreto são distribuídas ao longo de todo o comprimento do cabo. O cabo aderente apresenta um comportamento semelhante á armadura passiva em concreto armado, garantindo uma proteção a mais contra a corrosão (VASCONCELOS, 2010).

2.4.2. Protensão não aderente

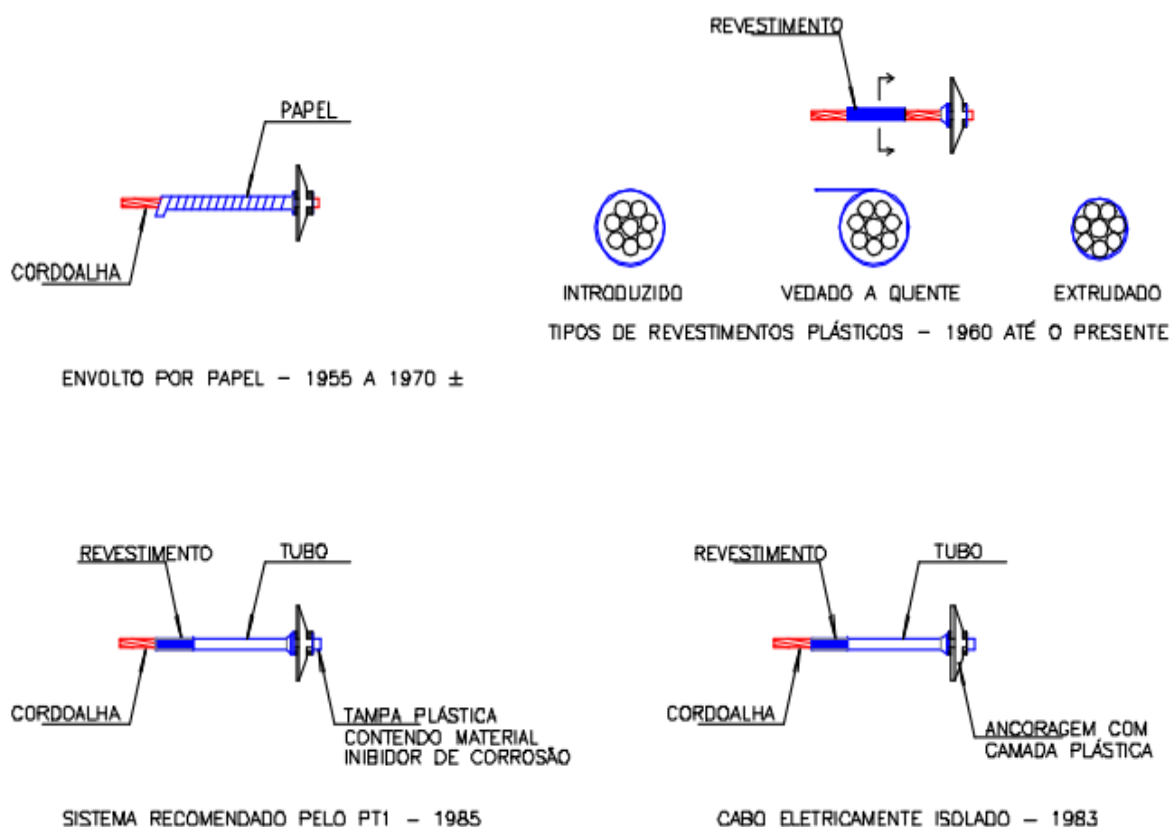
A protensão não aderente vem como uma evolução da protensão aderente, conforme a ABNT NBR 6118 2014 descreve essa técnica de concreto protendido em que o alongamento executado na armadura ativa é realizado após o endurecimento do concreto, sendo realizada com apoios em partes da própria estrutura, porém essa técnica não possui aderência direta com o concreto, onde a única ligação é entre armadura e concreto em pontos específicos.

Faria (2004), descreve como principal característica do sistema de protensão sem aderência é que ao longo do comprimento dos cabos, é a falta de atrito entre concreto e os cabos, onde os cabos utilizados neste sistema geralmente são formados por cordoalhas de sete fios de aço de alta resistência revestidos de duas proteções, a primária e a secundária.

Emerick (2002) descreve as cordoalhas utilizadas nessa técnica em plastificadas engraxadas, que são cordoalhas tradicionais vista anteriormente, porém possui um revestimento de PEAD que é um polietileno de alta densidade, impermeável a água, resistente e possui uma vida útil longa.

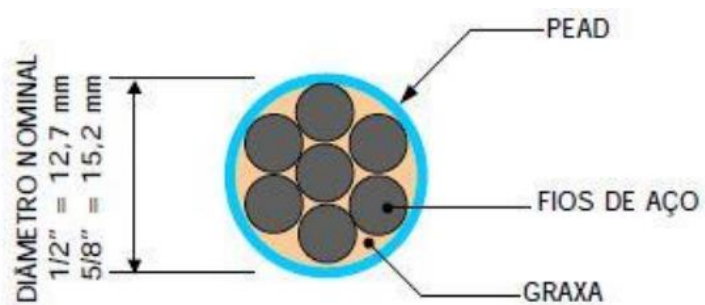
Para Faria (2004), as cordoalhas possuem uma composição de sete fios, fabricada no Brasil pela CIA Siderúrgica Belgo-Mineira, do tipo CP190RB-EP. As mesmas são geralmente empregadas como cabos não aderentes, onde cada possui sua própria ancoragem e são protendidas individualmente após a concretagem. Contudo, essa demonstração de evolução atualizações de materiais foram realizadas, sem mudar a proposta e finalidade de cordoalhas não aderentes, para demonstrar melhor essa atualização. A Figura 9 mostra a evolução, ao longo dos anos, dos cabos não aderentes, a Figura 10 demonstra os componentes da cordoalha e na Figura 11 em perfil demonstrando melhor a posição das cordoalhas com graxa e capa plástica.

Figura 9 – Evolução dos cabos não aderentes



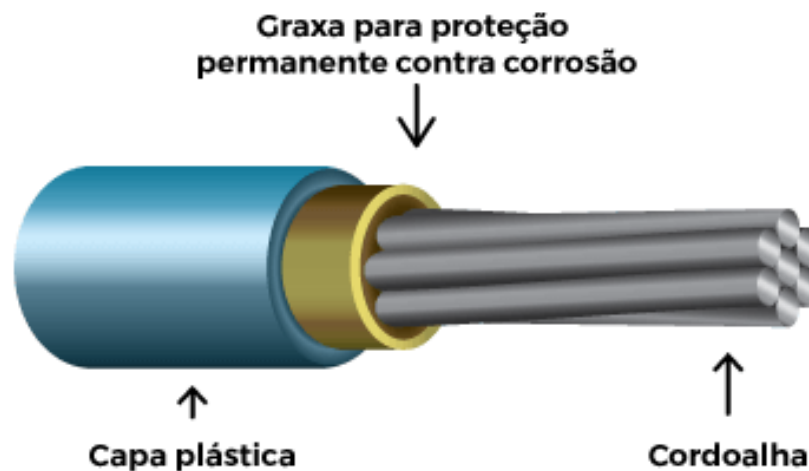
Fonte: FARIA (2004).

Figura 10 – Cordoalha não aderente



Fonte: EMERICK (2002).

Figura 11 – Cordoalha engraxada e plastificada



Fonte: IMPACTO (2017).

Quando um elemento estrutural que possui no concreto o cabo não aderente, e esse elemento vem a apresentar fissuras, a deformação apresentada no concreto não significa que a cordoalha sofreu fissuras também, diferentes de cabos aderentes. (VASCONCELOS, 2010)

Silva (2018) descreve como uma das principais diferenças entre este sistema e a protensão aderente está pertinente a curvatura dos cabos. Onde os cabos neste caso podem assumir curvaturas diferentes, predeterminadas em projeto e com especificações de quantidade de cabos presente em casa faixa, adotando na maioria das vezes a curvatura que foi calculada e demonstrada no diagrama de momento fletor, através de programas computacionais, com isso não necessitando serem retos iguais no caso de estruturas com protensão aderente. A Figura 12 ilustra um exemplo da curvatura dos cabos de protensão em uma laje maciça de concreto armado.

Figura 12 – Curvatura de protensão não aderente



Fonte: Autora (2020).

Quanto a sua utilização, Carvalho (2012) afirma que esse método construtivo apresenta uma vantagem relacionada ao custo da obra, pois essa tecnologia é bastante econômica, e possui várias vantagens relacionadas a uma manutenção mais acessível e barata, uma vez que a fissuração é impedida na região de tração e apresenta uma menor chance de o aço sofrer corrosão.

Veríssimo e Jr (1998) complementam que em edifícios altos, com lajes ou vigas protendidas, que possuem uma esbeltez alta, reflete na sua estabilidade global, de toda a estrutura, onde é necessário realizar para diminuir esses impactos e aumentar a rigidez vertical.

Com isso durante a execução desse tipo de estrutura, é importante ter um rigoroso controle de forma minuciosa em todos os pontos da estrutura, para garantir a qualidade dos materiais e dos componentes executados, atendendo os requisitos de projeto e normas técnicas (HANAI, 2015).

Com tudo que foi apresentado, é possível destacar que o uso na construção civil as estruturas com protensão, exigem rigorosos requisitos vindos inicialmente em projetos realizados por engenheiros especialistas e responsáveis, passando essa exigência em todas as etapas de construção até produto final.

A laje protendida é comum de se utilizar em casas, prédios e pavilhões, sendo ela do tipo que for. Levando para o uso de vigas protendidas, temos que não é viável, pois essas peças estruturais ligadas a lajes protendidas já fornece à resistência necessária para vencer o vão, sendo assim executar uma viga com protensão, não seria necessária e um gasto desnecessário já que o concreto armado satisfaz a resistência de projeto. (MERLIN, 2002)

A tecnologia da protensão está cada vez mais avançada, Carvalho (2012), apresenta um diferente ponto de vista que é protensão pode ser empregada nas fundações, exercendo a forma de estacas pré-moldadas protendidas, sendo possível o uso em radiers, em vigas baldrame, no reforço de blocos de fundação com tamanho elevado, e em pavimentos sobre o solo. O mesmo autor também assegura que as edificações todos os elementos estruturais componentes podem ser protendidos, exceto pilares.

2.5. Sinistros estruturais

Estruturas de concreto estão sujeitas a sofrer sinistros ao longo de sua vida útil, e de forma aprofundada os estudos dos danos apresentados em estruturas de concreto dá-se o nome de estudo das Patologias nas construções (COSTA, 2017). Segundo Helene (1992), a patologia é um estudo que capta e estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, com finalidade de chegar a um diagnóstico do problema.

Diversas podem ser as causas de sinistros, ou patologias estruturais. Contudo, dentre as mais comuns estão relacionados aos materiais componentes, no projeto ou na execução e com isso gerando na estrutura problemas patológicos e consequentemente elevando o custo da obra (TAKATA, 2009).

Mais especificamente, em lajes de concreto protendido essas possíveis patologias estão presentes em todas as fases do processo executivo. Os tópicos a seguir irão detalhar algumas dos sinistros mais comuns dentre as possibilidades citadas.

2.5.1. Sinistros no processo de protensão

Ao longo do tempo, as construções em concreto eram consideradas um material extremamente durável, resultado de muitas obras antigas ainda se encontrarem em bom estado. Contudo, a deterioração precoce em estruturas mais recentes, remete a um questionamento das causas dessas possíveis patologias do concreto (BRANDÃO & PINHEIRO, 1999).

Segundo Cazzo (2008) o concreto mais utilizado em estruturas protendidas possui uma alta resistência em relação a peças de concreto armado. Para concreto protendido é recomendado um $fck \geq 25$ Mpa, onde essa alta resistência aliada ao fato de toda a seção da peça irá trabalhar, lutando contra aos esforços atuantes, resulta em seções com dimensões menores comparados ao concreto armado convencional, e em outras palavras, significa uma diminuição no peso próprio da estrutura.

E para garantir essa alta resistência, é necessário um monitoramento da qualidade desse material de forma rigorosa. Deve-se exigir uma fiscalização em todas as etapas construtivas, inicialmente no preparo do concreto e garantindo qualidade nos materiais componentes, o cimento e os agregados utilizados, e essa fiscalização deve se permanecer constante e durante a elaboração e execução do concreto. Com isso, garantindo todas essas etapas relacionadas ao concreto, possíveis sinistros que possam acontecer serão evitadas, garantido estabilidade, durabilidade e segurança da estrutura.

2.5.2. Sinistros relacionados a projeto

Projetos para estruturas protendidas são projetos realizados por profissionais capacitados e atualizados quanto às especificações de normas e exigências presentes para esse tipo de estrutura, é necessário um entendimento quanto ao cálculo de tensões empregadas na estrutura para que seja dimensionada a quantidade de cordoalhas e divisão por faixas, alturas mínimas e máximas dos cabos ao longo da laje, curvaturas dos cabos, detalhamento em projeto feito separadamente quanto ao traçado dos cabos nas posições verticais e horizontais.

Um projeto completo contém uma prévia da perda de protensão que essa estrutura poderá sofrer ao longo de toda sua vida útil, e umas das principais

características de projetos de laje protendidas é a vasta riqueza em detalhes e características presentes na estrutura.

Dentro desse tópico entra um ponto crítico, relacionado a projetos de estruturas em geral, que é a compatibilização de projetos. E no sistema de protensão essa compatibilização deve ser mais rigorosa, garantindo que haja compatibilidade entre os projetos hidrossanitários, elétricos, de esquadrias, arquitetônicos, paisagismo e todos os outros projetos envolvidos em uma obra.

Com objetivo de evitar sinistros relacionadas a projetos, é necessária uma grande quantidade de detalhamento e revisões, para evitar dúvidas na leitura e interpretação dos projetos, garantir a compatibilização, analisando todos os aspectos da estrutura, visto que alterações na estrutura não poderão ser realizadas após execução e se isso acontecer ocorrerá sinistro no sistema de protensão podendo comprometer a estrutura ou gerar um custo não programado para um reparo.

2.5.3. Sinistros relacionados aos materiais componentes

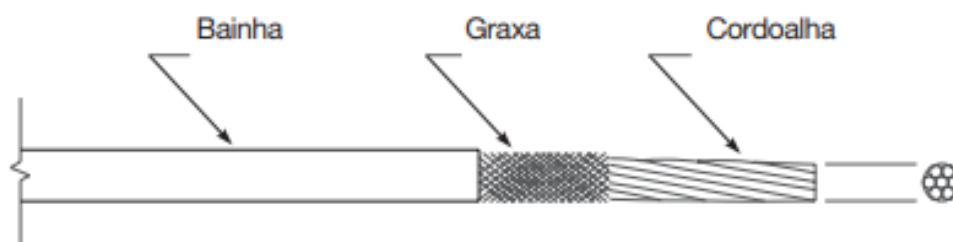
Apresentado em tópicos anteriores, às lajes protendidas tem em sua composição diversos materiais, sendo as cordoalhas e seus acessórios funcionais os principais dentre eles. É possível citar como possível sinistro em cordoalhas engraxadas a perda ou inexistência da graxa. A aplicação da graxa em quantidade certa em monocordoalhas é imprescindível para evitar o surgimento de sinistros na laje de concreto, onde a principal delas é a corrosão, e conseqüentemente o surgimento de fissuras no concreto.

Segundo Pfeil (1984), descreve as monocordoalhas em cabos metálicos semelhantes aos utilizados no sistema de protensão aderente, contudo, eles são possuem uma camada de graxa, envolvida em uma bainha de polietileno de alta densidade (PEAD).

A graxa por sua vez possui a finalidade de proteger o cabo contra a corrosão, restringir o contato direto entre cabo e a bainha, evitando atrito entre os mesmos e promover uma maior durabilidade da peça. E com isso a camada de revestimento plástico que envolve fios de aço tem como função importante, garantir que os fios possam se movimentar na estrutura. (VERÍSSIMO, 1998)

A Figura 13 ilustra a camadas de cobertura da monocordoalha engraxada.

Figura 13 – Cordoalha coberta com graxa e revestida com bainha plástica



Fonte: Manual para a boa execução de estruturas protendidas usando cordoalhas de aço engraxadas e plastificadas (2019).

Cazzo (2008) descreve que as bainhas plásticas são os tubos onde a armadura de protensão é depositada, com a finalidade de gerar uma movimentação causando um deslizamento sem atrito.

Com isso a importância da graxa juntamente com a bainha, tem como finalidade evitar sinistros e promover proteção contra a corrosão, obtendo o envolvimento de graxa inibidora de corrosão.

Sinistros nos materiais acessórios também podem ter impacto significativo no desempenho da protensão, pois são elementos de garantir o bom funcionamento do sistema. A Figura 14 apresenta os equipamentos componentes do sistema de protensão não aderente que devem ser conferidos para que não apresentem sinistros.

Figura 14 – Acessórios componentes do sistema de protensão não aderente



Fonte: IMPACTO (2020).

Caso as placas de ancoragem não estejam com as especificações de material ou dimensões corretas, isso poderá comprometer todo o sistema de protensão. Esse equipamento está presente quando a protensão será realizada por meio de cunhas.

Onde os cabos possuem um formato de tronco-cônico, com um furo que se conecta na placa de ancoragem para acomodar a cunha, e posteriormente passar completamente a cordoalha através dela.

Essa peça normalmente é de ferro fundido dúctil, e é usada para transferir a força de protensão para o concreto. (CAZZO, 2008)

O devido estoque desses materiais deve garantir que estarão em uma área limpa e seca e possuindo identificações de acordo com o pavimento que será executado conforme for a sequência de concretagem programada para cada material.

E com o objetivo de evitar sinistros no sistema de protensão causadas por esse material é imprescindível que os cabos sejam suavemente posicionados direção das placas de ancoragem, posicionamento esse apresentado em projeto e verificando a colocação dos cabos dentro das placas de ancoragem vertical e horizontalmente.

Se esse equipamento não estiver posicionado corretamente poderá resultar em uma ruptura da cordoalha, ocasionando um estouro do concreto, um sinistro na cravação das cunhas, alongamento baixo, perda excessiva na cravação ou outros problemas na protensão. Para melhor visualização, a Figura 15 ilustra o equipamento de cunhas com placas de ancoragem.

Figura 15 – Ancoragem



Fonte: Autora (2019).

2.5.4. Sinistros relacionados a produção do concreto

A produção do concreto é uma etapa que requer fiscalização e manuseio de um profissional capacitado, principalmente em se tratando de concreto protendido, pois conforme a exigência em projeto, o profissional fará a mistura de acordo com a resistência determinada. Essa atividade pode ser realizada em betoneiras própria da obra ou em usinas que trabalham de forma terceirizada. É importante monitorar o processo de confecção dessa mistura para assegurar aspectos como a sequência de colocação dos materiais, o tempo de mistura, a correção da água arrastada pelos agregados e possíveis erros nas quantidades adicionadas dos materiais (GONÇALVES, 2015).

A garantia e controle dessa etapa são muito importantes para que a qualidade do concreto realizado seja de acordo com a especificação do projeto, para que a estrutura obtenha seu desempenho perfeitamente.

2.5.5. Sinistros relacionados ao sistema de fôrmas

Fajersztajn (1992) descreve que o processo de fôrma como uma estrutura projetada e montada no local da estrutura final de forma provisória onde possui a finalidade de moldar a estrutura de acordo com projeto, sustentar o concreto fresco até que o mesmo se torne autoportante, prover sustentação dos serviços de amarração, demarcar o posicionamento de passagens hidráulicas e elétricas. E é possível considerar as fôrmas como um sistema que pode ser produzido em materiais.

A conferência nessa etapa é imprescindível, pois sinistros em formas podem resultar em um comprometimento relacionado posicionamento determinado em projeto das cordoalhas, e com isso comprometer o desempenho do sistema de protensão.

2.5.6. Sinistros relacionados ao processo de transporte

Essa etapa é importante por ser responsável por ser um processo que interfere diretamente nas características do concreto quanto a sua trabalhabilidade,

produtividade e acessibilidade desse material chegar de forma íntegra para que seja lançado diretamente sobre as fôrmas da estrutura. Alguns aspectos devem ser monitorados para garantir a qualidade desse material, como o tempo de transporte e lançamento, deve ser o menor possível para evitar a dificuldade em trabalhar com concreto quando ele começa seu processo de cura. (TAKATA, 2009)

Essa exigência quanto ao transporte é necessária, para que sejam evitadas alterações graves no concreto quando a segregação dos materiais, que por sua vez geralmente realiza o lançamento do concreto com o próprio equipamento de transporte, evaporação da água, início da pega. É determinado um tempo máximo de percurso de 30 minutos, em caminhões basculantes, mais comuns e caminhões betoneiras que é uma opção para pequenos percursos que não ultrapassem esse tempo limite, em casos de tempo maior é recomendado que seja acrescentado um aditivo retardados de pega que permite um aumento nesse tempo para transportes acima de 60 minutos, com objetivo de assegurar a qualidade do concreto. (PITTA, 2008)

2.5.7. Sinistros relacionados ao adensamento do concreto

Gonçalves (2015) descreve que adensamento é a prática de vibrar concreto, em seu estado inicial após o lançamento, que tem como finalidade retirar o ar preso dentro da mistura de concreto, proporcionando-lhe a máxima compactação. O método mais utilizado, é com o auxílio de um equipamento chamado vibrado que trabalha por meio de imersão ao concreto, e possui vantagem que esse equipamento alcança todos os elementos estruturais no ato na concretagem, facilitando a saída de ar.

Por isso é necessário um acompanhamento no ato da concretagem, onde um adensamento mal executado pode derivar em alto índice de vazios, resultando em um concreto poroso. E no caso de estrutura protendida essa porosidade prejudica no posicionamento correto das cordoalhas, abrindo espaço para uma movimentação das faixas de cordoalhas, e com isso causar ruptura ou deslocamento das faixas de cordoalhas.

2.6. Diagnóstico: ensaios não destrutivos

Ensaaios não destrutivos são aqueles que não acarretam nenhum dano no elemento ensaiado e na estrutura como um todo. Esses ensaios deixam pequenos danos, devido a seu desempenho para avaliar o elemento, danos esses que possam ser reparados após o ensaio. Com isso, mostra o arrancamento de corpo de prova como um ensaio destrutivo, pois danifica a estrutura como um todo, e exige um grande reparo para voltar ao seu comportamento original. (EVANGELISTA, 2002)

De acordo com Santos (2008), descreve a finalidade dos ensaios em traçar um diagnóstico da estrutura, não provocam perda na capacidade resistente do elemento. Os mesmos podem ser empregados em estruturas novas ou antigas. Para novas estruturas, eles podem ser empregados para que seja realizado um monitoramento da evolução da resistência, um eventual problema que possa surgir na estrutura ou para explicar dúvidas sobre a qualidade do concreto que foi executado no ato da concretagem, comparando com o concreto especificado em projeto, de acordo com a finalidade da estrutura.

Os ensaios em estruturas mais antigas visam avaliar e monitorar todos os elementos da estrutura, para que possa ser obtidas informações quanto a integridade e capacidade de suportar as solicitações existentes na estrutura. Os ensaios mais comuns e presentes para chegar a um diagnóstico de sinistros em estruturas de concreto, são apontados nos tópicos a seguir.

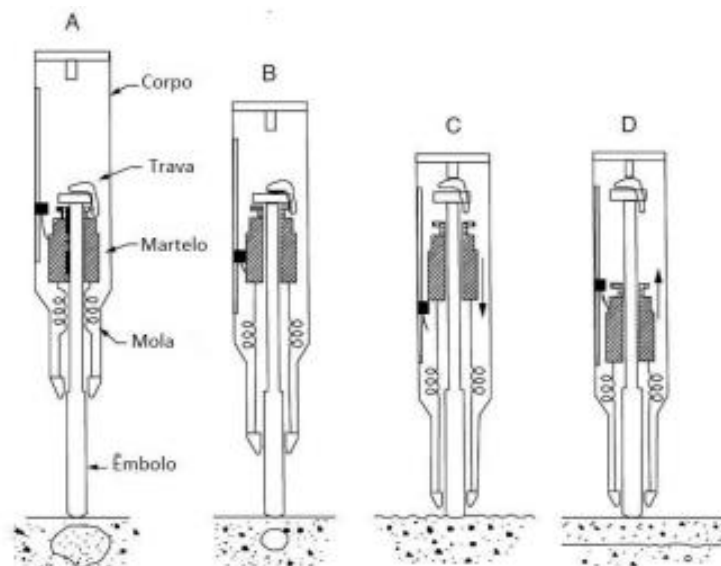
2.6.1. Esclerometria

O ensaio de esclerometria é um procedimento não destrutivo, com finalidade de medir a dureza superficial do concreto, gerando dados para traçar a qualidade do concreto endurecido, onde o mesmo foi criado em 1948 pelo engenheiro suíço Ernst Schmidt e é comumente referido como Schmidt Rebound Hammer (KOLEK, 1969).

De acordo com a NBR 7584 (2012), o aparelho deve ser sempre posicionado sobre o concreto, sem revestimento, e para a realização do ensaio é necessário seguir uma passo a passo, inicialmente é feito uma limpeza da área em questão que será feita a leitura, em seguida realizar uma secagem do local, e posteriormente é feita a locação dos pontos na superfície do concreto, criando um

gabarito. Após essas etapas, o esclerômetro é posicionado e realizado a leitura em todos os pontos demarcados no gabarito, alcançando-se todos os indicadores esclerométricos. A Figura 16 a seguir ilustra um desenho do esclerômetro.

Figura 16 – Esclerômetro



Fonte: MALHOTRA (2004).

Segundo Mehta e Monteiro (2008), esse ensaio é simples e fornece de forma rápida e econômica um detalhamento quanto a avaliação da situação do concreto endurecido, onde é possível estimar a resistência do concreto, com danos simples causados na superfície do concreto.

2.6.2. Ultrassonografia

O ensaio de ultrassonografia no concreto é um método não destrutivo, que possui a capacidade de identificar a velocidade de propagação de ondas longitudinais ao longo da peça estrutural presente, obtidas por pulsos ultrassônicos.

De acordo com a NBR 8802 (2013), tal método possui tais possibilidades de avaliação:

- a) Resistência à compressão do concreto;
- b) Homogeneidade do concreto;
- c) Possíveis sinistros internos e fissuras.

2.6.3. Pacometria

Tosetto (2017) caracteriza o ensaio de pacometria, como ensaio não destrutivo, onde é possível mapear e detectar a localização, o diâmetro e cobrimento das barras de aço em estruturas de concreto armado por meio de indução magnética. É recomendado que esse ensaio fosse realizado antes dos ensaios de esclerometria, ultrassonografia e extração de corpos de provas, visto que estes ensaios não podem ser realizados em áreas sobre as armaduras do concreto armado.

2.6.4. Permeabilidade

O ensaio de permeabilidade do concreto, é utilizado em estruturas onde se tem especificações em projeto que a estrutura deverá impedir a passagem de água, estrutura essas que possam estar expostas a um ambiente agressivo (MALHOTRA, 1984).

3 METODOLOGIA

3.1. Delineamento da pesquisa

O atual trabalho tem como objetivo analisar os sinistros em projeto e execução de lajes maciças de concreto armado com cordoalha de protensão não aderente embasado em caso real em obra de edifício residencial localizado na cidade de Fortaleza/CE.

Esta pesquisa é distinta como estudo de caso, onde segundo Yin (2005) determina que o estudo de caso como uma investigação mais profunda de um ou poucos objetos, o caso em estudo é crítico para se testar uma hipótese ou teoria explicitada. Para Martins (2008, p.11), mediante um estudo profundo e exaustivo com um objeto delimitado, o estudo de caso possibilita a orientação para uma realidade social, não conseguida plenamente por um simples levantamento de dados.

Este estudo de caso se caracteriza como uma pesquisa qualitativa. Minayo (2001) fala que a pesquisa qualitativa é aquela que faz uma análise sem apresentar dados numéricos para garantir sua representatividade. A amostra apropriada é a que permite abranger a totalidade do problema investigado em suas múltiplas abordagens, uma vez que todo o caso em estudo será descrito e analisado por meio de fotos e relatórios.

Metodologicamente, a pesquisa constitui-se como pesquisa aplicada e exploratória. Onde esse tipo de pesquisa tem como seu objetivo esclarecer com maior familiaridade o problema e gerar um conhecimento para aplicação prática dirigida a solução do problema específico, com vistas em torna-lo mais explícito e que seja possível construir hipóteses, apresentando levantamentos bibliográficos, experiências práticas com o problema e exemplos que estimulem a compreensão do problema (GIL, 2007).

Pelo levantamento de dados específicos na edificação em estudo, busca-se gerar conhecimentos de aplicação prática para auxiliar no processo de conhecimento de sinistros estruturais devido as estruturas de protensão. Em outras palavras, procurou-se motivar conhecimentos de aplicação prática para alertar e monitorar em estruturas similares com a eficiência das soluções empregadas,

mostrando a forma de recuperação e os impactos causados, auxiliando também no processo de possíveis exigências em projetos futuros para essa finalidade.

Em complemento ao estudo, buscou-se considerar outros trabalhos com diversos pontos de vista e considerações sobre os tipos de lajes, em especial as lajes protendida, de forma a possibilitar uma comparação, estabelecendo parâmetros para tomadas de decisões em casos de sinistros que possam apresentar em estruturas protendidas.

E por fim, os instrumentos de coleta utilizados foram fotos, relatórios, levantamento de dados e entrevistas. As entrevistas foram do tipo padronizado aberta que, segundo Godoi e Mattos (2006), é caracterizada pelo emprego de uma lista de perguntas ordenadas e redigidas por igual para todos os entrevistados, porém de resposta aberta. Tais entrevistas foram realizadas de forma online e enviadas virtualmente para os entrevistados, visto que no período de coleta de dados, enfrentava-se a pandemia por COVID-19, e prevaleciam os decretos de isolamento social.

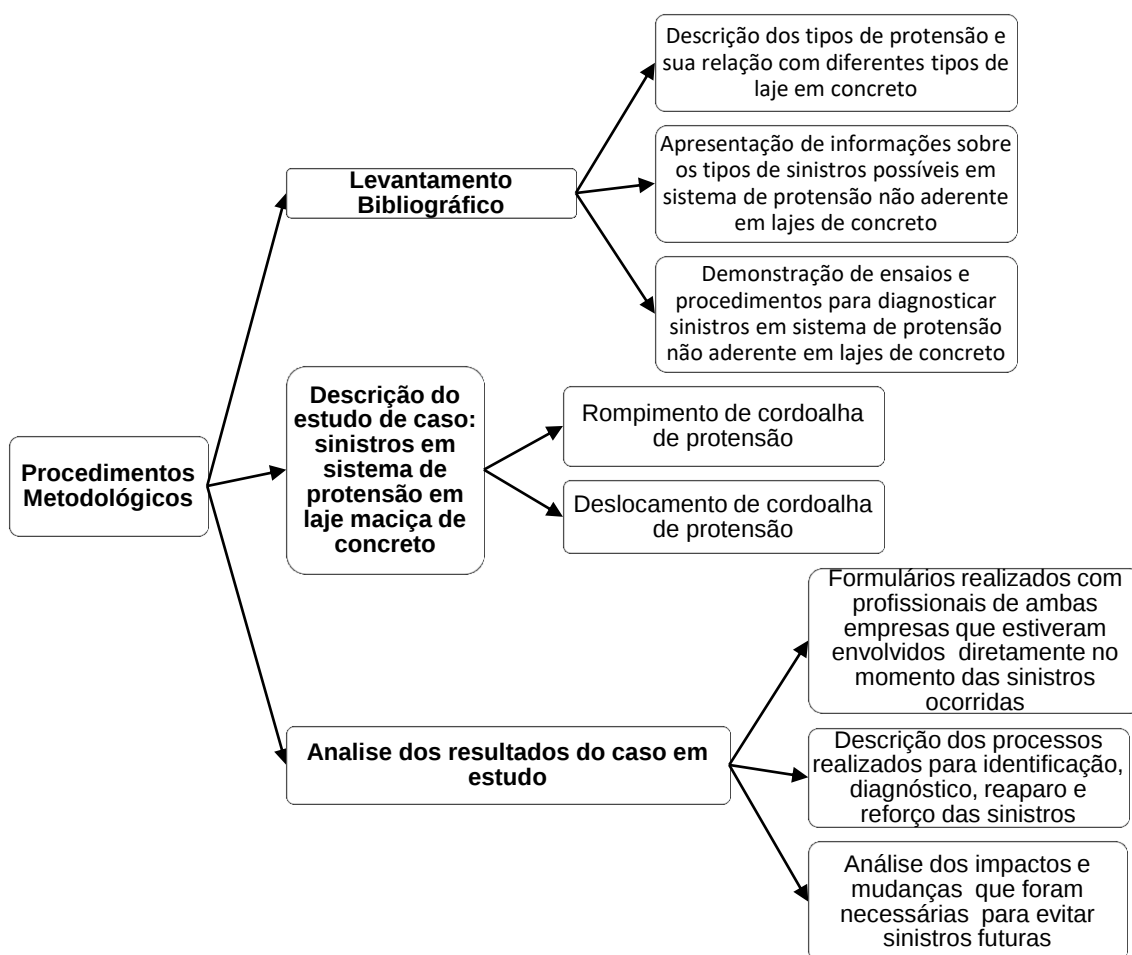
Por isso, criaram-se formulários digitais, que foram divididos em dois grupos, primeiramente com a engenheira civil presente no momento dos sinistros, onde a mesma ocupa um cargo de gestora geral da obra, e foi a responsável em conduzir do início ao fim os processos de identificação, diagnóstico dos sinistros ocorridos, documentar e comunicar aos superiores da empresa todo o processo, e o segundo entrevistado foi o técnico de edificações da obra, responsável por fiscalização dos processos construtivos da obra, monitorar em campo todas as etapas do sistema de protensão, documentar essas conferências de acordo com o sistema de gestão da qualidade, esse primeiro grupo foi caracterizado como administrativo, onde ambos realizaram o preenchimento dos formulários para os dois sinistros presentes na obra.

O segundo grupo do formulário foi destinado a empresa que exerceu as atividades de execução do sistema de protensão, foi obtido informações sobre como eles atuam quando ocorre essas intercorrências de modo geral em outras obras e sobre os estudos de caso em questão, o entrevistado foi um engenheiro civil, responsável em monitorar em campo a execução e material das obras que a empresa presta serviço, esse segundo grupo foi caracterizado como técnico.

3.2. Fluxograma de atividades

A partir do que foi descrito no item anterior, descrevendo o trabalho como uma pesquisa científica com abordagem qualitativa, as atividades foram desenvolvidas. A Figura 17 mostra um breve resumo dos procedimentos metodológicos, onde cada processo será descrito detalhadamente nos subitens posteriores.

Figura 17 – Fluxograma resumo dos procedimentos metodológicos



3.2.1. Levantamento bibliográfico

O levantamento bibliográfico é uma etapa essencial no trabalho, contudo o mesmo tem uma descrição particular para cada projeto, e com isso é importante descrever como foi realizado o levantamento bibliográfico, inicialmente foram descritos os tipos de lajes mais presentes na construção civil e suas respectivas particularidades.

A partir desses tipos, foi mostrado o tipo de laje do estudo de caso, que é a laje maciça juntamente com o uso da técnica de protensão, que por sua vez possui limitações presentes nesse tipo de técnica estrutural, e com isso foi necessário explicar o que é o sistema de protensão e como ele atua atualmente no mercado, mostrando os dois modelos de protensão disponíveis no mercado, que são a protensão aderente e não aderente. No estudo de caso, o tipo utilizado foi a protensão não aderente, e com isso foi detalhado todos os materiais e métodos utilizados nessa técnica.

E por fim, o capítulo de levantamento bibliográfico foi finalizado apresentando as possíveis sinistros que possam ocorrer no sistema de protensão e outros trabalhos que mostram essas sinistros, juntamente com a descrição de ensaios não destrutivos que auxiliam no diagnóstico das sinistros e direcionam para reparos e reforços adequados para solucionar essas sinistros.

3.2.2. Descrição do estudo de caso

O estudo de caso foi realizado em uma obra de construção civil de um condomínio residencial de alto padrão com duas torres iguais e direcionadas para o norte, localizado na cidade de Fortaleza/CE, com previsão de vinte e três pavimentos, sendo três unidades de apartamento por andar, onde as duas primeiras colunas denominadas como um e dois, são modelos do tipo simples, possuindo um elevador reversível para as duas unidades e a coluna três com o tipo duplex, possui um elevador privativo da unidade.

A obra, está prevista sua entrega para o segundo semestre do ano de 2021, as torres são denominadas como torre um e torre dois, o empreendimento

contemplará uma área comum com oito espelhos d'água, piscina com raia integrada a piscina adulto, piscina infantil, deck molhado, playground, praça, *playpet*, quadra poliesportiva, quadra de futebol de grama, guarita e uma pista de *cooper* que percorre todo o empreendimento. O condomínio possui três subsolos, onde cada unidade de apartamento terá direito a três vagas de garagem.

A estrutura de laje que está sendo realizada em todos os pavimentos é do tipo laje maciça de concreto protendido, com espessura de 20 cm, juntamente com o uso de vergalhões metálicos para auxiliar no desempenho a fissuração e deformação. Somente a laje de piso do terceiro subsolo foi executada em bloco intertravado de concreto, com a finalidade de reduzir custos e tempo de execução, além de estar adequada ao rebaixamento realizado do lençol freático.

Estas lajes estão apoiadas em vigas altas em concreto armado convencional, estando presentes inclusive vigas de borda, nas varandas, visando ajustes projetais em aplicação de forro. Tais vigas se apoiam em pilares retangulares, que diminuem sua seção ao longo da execução dos pavimentos, e possui pilares que nascem e pilares que morrem que variam de acordo com o *layout* do apartamento. Nos pilares, internamente, também se apresentam os sistemas de aterramento da edificação. A Figura 18, ilustra o prédio em que ocorreram esses dois estudos de casos, identificando em destaque as lajes específicas do 5º e 9º pavimento.

Figura 18 - Edifício em que ocorreram os dois estudos de caso



Após a descrição, é possível apresentar os objetos de estudo desse caso que foram dois sinistros ocorridos no sistema de protensão de duas lajes, em pavimentos distintos da torre um. Inicialmente houve um rompimento de cordoalha em uma das lajes do 5º pavimento da citada torre, quando se executava a estrutura do 19º pavimento. Posteriormente, houve um deslocamento de cordoalha, onde as cordoalhas saíram de prumo estabelecido em projeto. Esse segundo sinistro ocorreu também na torre um, em laje situada no 9º pavimento, quando se executava a estrutura da 20ª laje.

O detalhamento dos sinistros e a descrição dos laudos serão apresentados no capítulo de resultados, onde será feita uma análise dos os impactos e medidas de diagnóstico realizadas para o reparo adequado dos sinistros descrito.

3.2.3. Análise dos resultados dos casos em estudo

Após a apresentação dos sinistros ocorridos e da forma como ocorreu, foi necessário descrever as formas de diagnóstico para o reparo e reforço da estrutura e os impactos gerados na execução.

Para chegar a um diagnóstico preciso, foram realizados ensaios não destrutivos no local do sinistro e análises visuais de especialistas em patologias, relatórios de todos os envolvidos no problema, que veem a serem apresentados por meios de fotos, relatórios técnicos com conclusões visuais, relatórios de resultados dos ensaios não destrutivos realizados no local do ocorrido e com amostras levadas para laboratório para uma análise completa.

E com isso, chegar a um ponto de causa desses sinistros, para que seja realizada uma orientação para como proceder e executar os reparos e reforços na estrutura de forma correta e definitiva.

4 RESULTADOS

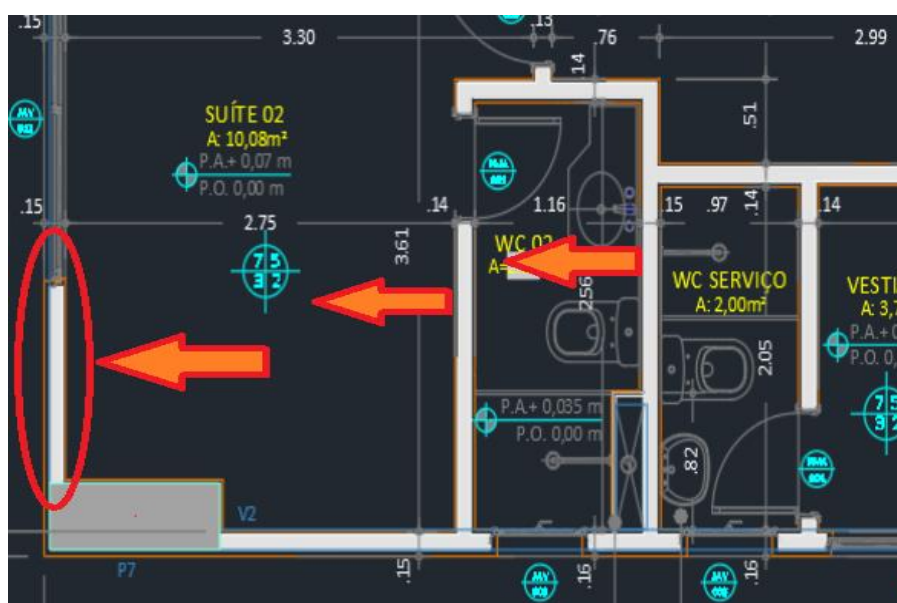
4.1. Descrição do sinistro 1: rompimento de cordoalha

O primeiro estudo de caso do presente trabalho refere-se a um sinistro ocorrido no sistema estrutural de um edifício residencial, já mencionado suas características no capítulo anterior. Onde esse sistema é de laje maciça protendida não aderente.

O sinistro ocorrido foi um rompimento de cordoalha não aderente, situada no 5º pavimento da Torre 01, mais precisamente na suíte 01 da coluna 01. Esse sinistro ocorreu no ano de 2018 e a estrutura estava executada até o 9º pavimento, foi a primeira intercorrência apresentada na estrutura em sistema de proteção desse edifício. Na Figura 19 a seguir, mostra a localização do rompimento, em um projeto de arquitetônico, descrevendo uma simulação do traçado dos cabos nessa determinada região, esse traçado pode ser observado de forma específica na.

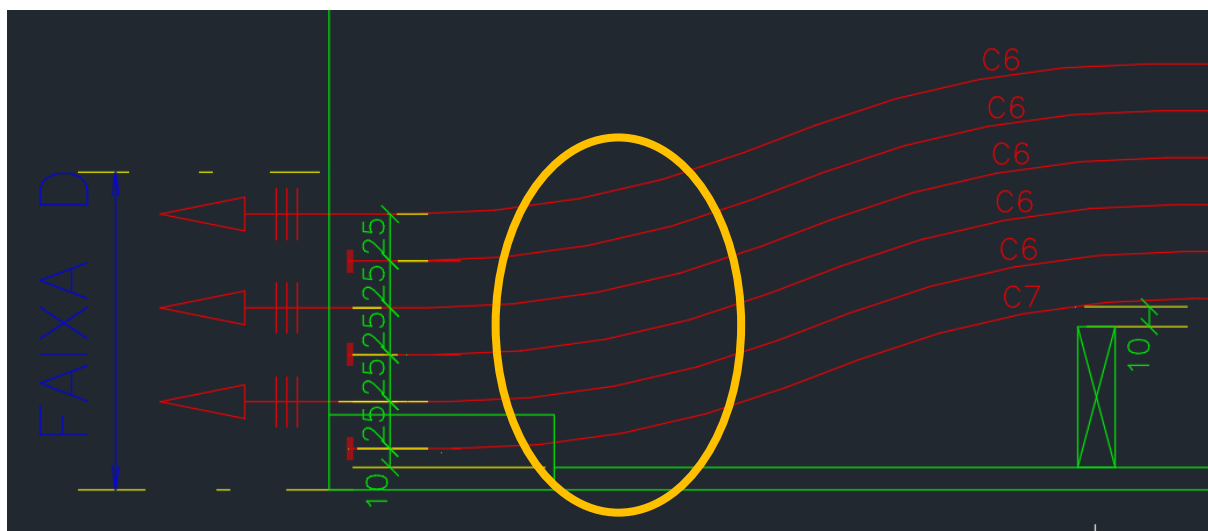
É possível observar na Figura 20, que o local do rompimento é uma região em que a faixa de cabos apresenta uma suave curva em relação a caixas de passagens hidráulicas do WC da suíte 01, com distância determinada de cinco cm em projeto, o projeto completo pode ser visualizado no anexo A.

Figura 19 – Local do rompimento da faixa de cabos em cordoalha não aderente.



Fonte: Autora (2020).

Figura 20 – Traçado dos cabos na posição horizontal, evidenciando o local do rompimento.



Fonte: Autora (2020).

Inicialmente o rompimento, foi identificado por conta do seu alarmante som emitido, que foi causado por meio da movimentação das faixas de cabos dentro da laje, onde essa movimentação causa um aumento no volume de concreto dentro da laje, volume esse não previsto em projeto, e como esse aumento o concreto procura uma saída para conter esse volume e explode, repelindo parte do concreto presente nesse acúmulo.

Essa situação ocorreu à cerca de 1,50 m da borda da laje, na fachada da lateral direita da torre. O resultado dessa explosão é possível observar nas Figura 21 e Figura 22 que ilustram de forma mais precisa. O aspecto visual em que a laje, armadura e os cabos de protensão apresentaram após o ocorrido.

Figura 21 – Vista inferior lateral da situação da laje após rompimento da faixa de cabos não aderentes



Fonte: Autora (2019).

Figura 22 – Vista inferior frontal da situação da laje após rompimento da faixa de cabos não aderentes



Fonte: Autora (2019).

É possível observar na deterioração o que a movimentação das faixas de cabos causou no concreto, expulsando todo material e desajustando toda a armadura positiva e negativa presente na região e em seu entorno.

A Figura 23 a seguir ilustra um dos pedaços de blocos de concreto que foram arremessados para fora da torre, causando uma imensa preocupação com relação à segurança do tráfego de operários no canteiro de obras.

Figura 23 – Bloco de concreto expelido pelo rompimento da cordoalha



Fonte: Autora (2019).

Após a identificação do ocorrido e certificação de que não aconteceu nenhum acidente devido a esse sinistro na laje pretendida, a primeira tomada de decisão foi garantir um reforço de escoramento em torno de toda a área afetada e proximidades, como ilustra na Figura 24.

Figura 24 – Escoramento imediato da área afetada



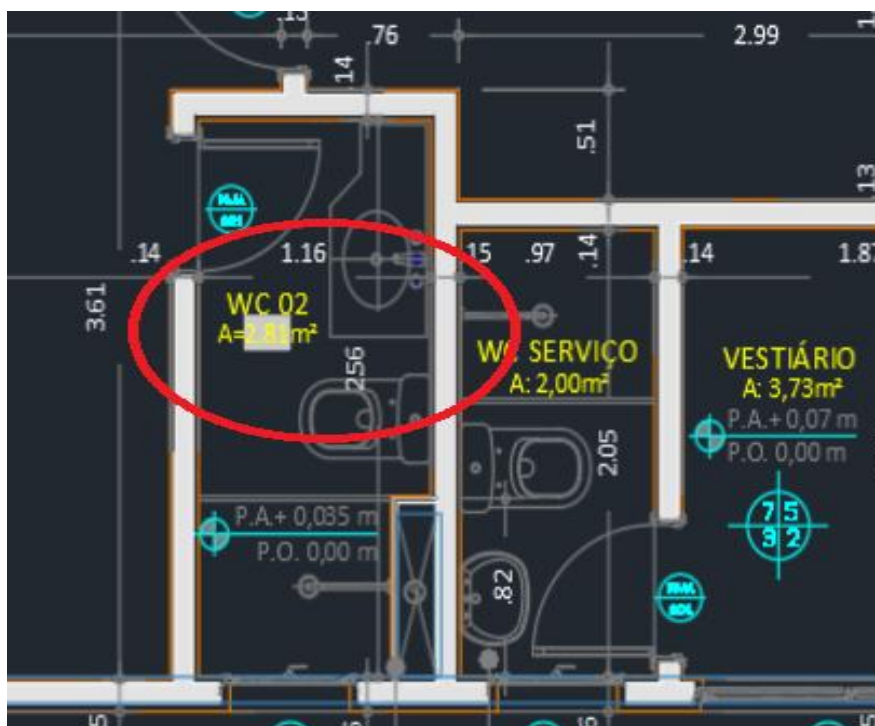
Fonte: Autora (2019)

Posteriormente a essa ação, foi iniciado todo processo de diagnóstico para se obter a causa que levou ao surgimento dessa sinistro e determinar o processo de reforço e reparo o mais rápido possível, garantindo estabilidade e bom desempenho de toda a estrutura.

4.2. Descrição do sinistro 2: deslocamento de cordoalha

O segundo estudo de caso do presente trabalho, refere-se a um sinistro ocorrido no sistema estrutural de um edifício residencial, já mencionado suas características no capítulo anterior. Onde esse sistema é de laje maciça protendida não aderente. Esse sinistro se diz respeito a um deslocamento de faixas de cabos não aderentes, ocorrido no 9º pavimento da torre um, mais precisamente no WC1 da Suíte um. A Figura 25 a seguir, ilustra o posicionamento desse deslocamento em um projeto arquitetônico.

Figura 25 – Local do deslocamento da faixa de cabos não aderentes

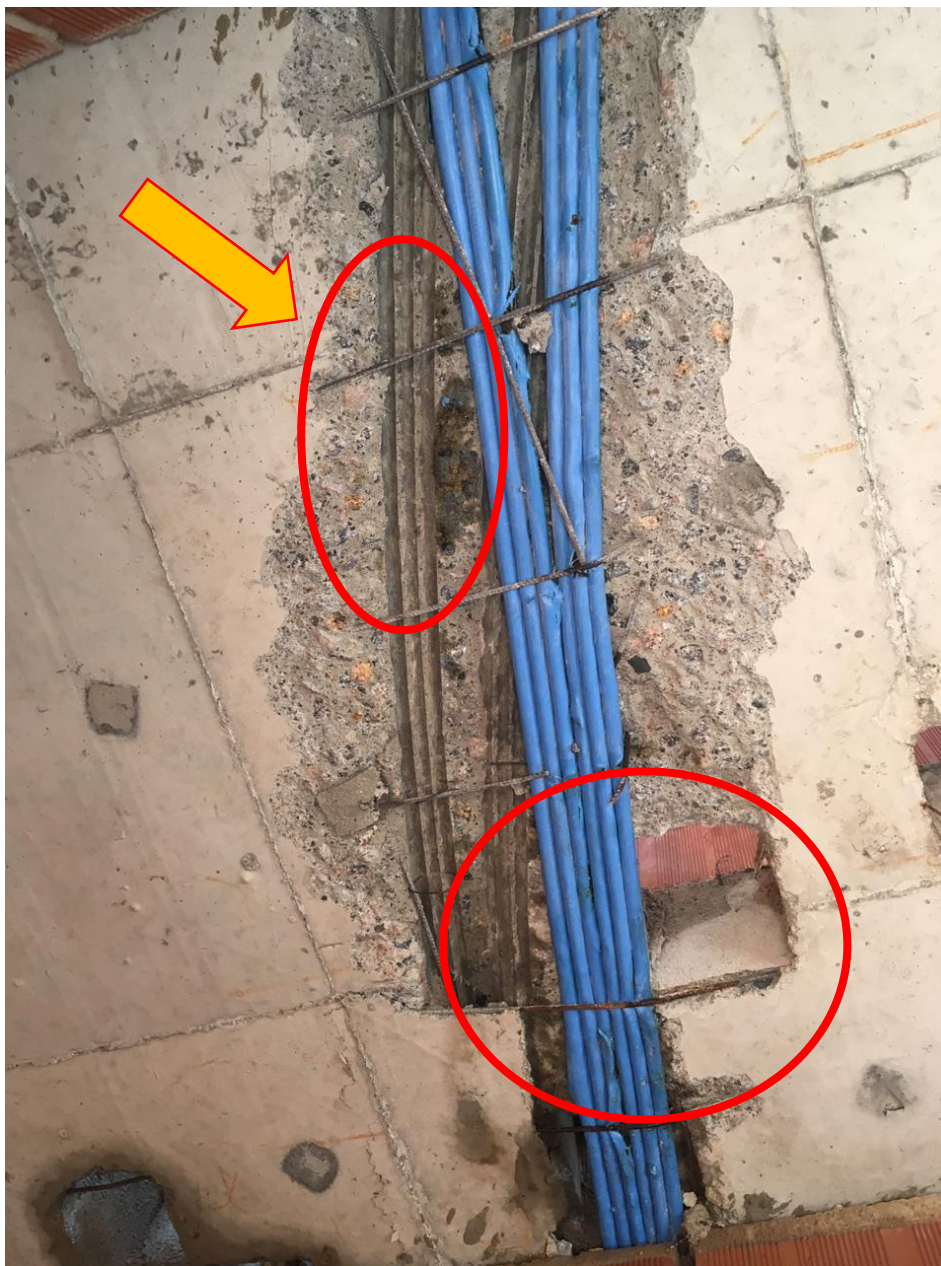


Fonte: Autora (2019).

Esse sinistro não foi identificado quando ocorreu, pois não ouve barulho e a laje do presente problema já estava com alvenaria de vedação executadas e com isso isolou de forma mais eficiente algum efeito sonoro que possa ter ocorrido no momento do deslocamento.

A identificação foi realizada por meio de um operário que estava executando uma atividade interna na unidade, ele teve a rápida iniciativa de deixar local de trabalho para informar a todos da sala técnica do ocorrido. A Figura 26 a seguir, ilustra a forma como as faixas de cabos se deslocaram, deixando o rastro da sua posição original predeterminada em projeto, e com essa movimentação ouve um aumento no volume do concreto entorno da região, ocasionando uma expulsão do concreto.

Figura 26 – Deslocamento da faixa de cabos não aderentes



Fonte: Autora (2019).

É possível observar dois pontos principais, primeiro é que a armadura positiva da laje executa um reforço segurando essa faixa de cabos, e o mesmo não rompe se desloca. E segundo é que a faixa de cabos se desloca para próximo do vazio da caixa de passagem, onde seu posicionamento é determinado em projeto. A Figura 27, ilustra de forma mais abrangente todos os pontos de passagens hidrossanitárias presentes nesse cômodo e é possível observar o traçado da movimentação da faixa de cabos não aderentes.

Figura 27 – Deslocamento de faixa de cabos próximo a caixas de passagens hidrossanitárias.



Fonte: Autora (2019).

4.3. Entrevistas com responsáveis administrativos

Primeiramente foi procurado entender através dos formulários digitais, qual foi a primeira impressão obtida dos sinistros, e em seguida a tomada de decisões, e processos realizados em busca da solução do problema.

Os tópicos a seguir estão separados conforme os dois estudos de casos que foram descritos anteriormente, de forma a particularizar as respostas coletadas, que serão apresentadas a partir da visão e vivência de dois responsáveis técnicos entrevistados.

4.3.1. Resultados de entrevistas administrativas sobre o sinistro 1- Rompimento da cordoalha

Buscou se primeiramente entender a descrição do primeiro estudo de caso na visão dos entrevistados, procurou se identificar onde a pessoa estava quando ocorreu o sinistro, como ele tomou conhecimento do problema e quais foram as primeiras impressões visuais e auditivas.

Os dois estavam na sala de engenharia localizada no canteiro da obra a cerca de 40m da projeção da torre, onde ambos descreverão que a primeira identificação que eles tiveram do rompimento foi um assombroso barulho, que inicialmente chegaram a pensar que poderia ter sido uma queda da bandeja de proteção da torre, e logo em seguida veio a preocupação se poderia ter causado algum acidente de trabalho com operários presentes no momento em questão.

Porém após saírem da sala técnica era possível observar uma nuvem de poeira e fragmento de concreto espalhado em torno da projeção torre um, tornando mais confuso ainda saber de onde se originava esses efeitos, após constatar que não foi um acidente de trabalho e observar os fragmentos de concreto espalhados por todo chão do canteiro, começaram a relacionar com algum problema estrutural da torre.

Em seguida os mesmos relataram que realizaram uma vistoria na torre em questão, e foi onde tomaram conhecimento do real problema. E com isso a primeira iniciativa foi de fazer um escoramento local na laje afetada e de mais um pavimento abaixo e todo o local foi isolado por medida de segurança e preservação da cena do

ocorrido, e foram tiradas fotos de vários ângulos, a fim de registrar ao máximo o primeiro momento do ocorrido, para que não houvesse descaracterização da cena.

A partir desse momento, a engenheira responsável da obra entrou em contato com o coordenador de obras, para informar a situação e tomar orientações de como proceder a partir desse momento, em seguida o calculista foi contatado e informado do problema.

Sabendo que o ocorrido apresentado foi um problema inédito para a obra e para os profissionais responsáveis, os dois descreveram que a dificuldade encontrada para lidar com o problema estava relacionada em como identificar o responsável pelo ocorrido, conscientizar os operários da gravidade do problema e a devida importância do comprometimento de cada processo construtivo, e uma dificuldade apresentada foi de que, surgiu um receio quando foi pensado em extrair corpos de prova, em qual local fazer a extração, visto que a laje é inteiramente protendida e se essa extração poderia comprometer o restante do sistema de protensão.

Em seguida mais profissionais foram informados do problema, dentre elas a direção da empresa afetada, onde os dois relataram que os superiores foram bem solícitos logo de início, apresentando uma surpresa com a situação, devido que todas as lajes anteriores foram realizadas da mesma maneira e que garantia teria que esse problema não aconteceria novamente, e debateram entre si em saber quem seria o responsável por essa manifestação patológica.

Todas as atenções foram voltadas a esse problema, devido a se tratar de um problema estrutural, o cuidado e atenção estavam muito rígidos. E com isso os dois relataram que as tomadas de providências para diagnóstica o problema foi iniciada.

A primeira iniciativa relatada foi de que por se tratar de uma laje curada, foi feito uma revisão no controle tecnológico do trecho em questão, que estava arquivado e de fácil acesso, onde os corpos de prova apresentaram valores superiores ao especificado em projeto, assim como os relatórios que foram solicitados da empresa responsável pelo fornecimento do concreto usinado, os resultados também foram satisfatórios.

Em seguida foi relatado que foram solicitados para comparecer na obra todos os envolvidos do problema, para uma vistoria visual, onde estavam presentes os seguintes profissionais: o engenheiro civil da empresa responsável pela execução

da estrutura, engenheiro civil responsável pela execução do sistema de protensão, engenheiro civil da fornecedora de concreto, professor e engenheiro civil especialista em materiais e componentes da construção civil e consultor da confiança da empresa, responsável técnico da empresa de tecnologia de concreto, calculista e projetista estrutura e o coordenador e supervisor de obras, da empresa afetada, todos reunidos na área afetada e discutindo sobre a possível causa e como reparar.

Antes de começar a decidir e executar o devido reparo da estrutura foi relatado uma solicitação de documentos para confirmação do diagnóstico, que foram os resultados dos corpos de prova executados no momento em que a laje estava sendo concretada anteriormente, onde esses resultados apresentavam números satisfatórios e acima da resistência exigida em projeto. E foi solicitada também a realização de uma nova extração de corpos de prova de concreto para um novo ensaio de ruptura. E para complementar o diagnóstico foi solicitado em conjunto, o ensaio de esclerometria, para verificar a dureza do concreto no trecho em questão. Os ensaios realizados após o sinistro apresentaram resultados satisfatórios, mesmo diante do impacto sofrido.

A Figura 28 seguir, ilustra o momento em que novo corpo de prova que foi extraído após a sinistro ocorrida, onde foi montado uma rede de proteção para que esse corpo de prova não tivesse contato com a laje inferior, evitando danificações e impactos no ensaio de compressão.

Figura 28 – Extração do corpo de prova em torno do sinistro ocorrido



Fonte: Autora (2020).

A Figura 29 ilustra o corpo de prova após a extração, onde é possível observar de forma clara, a presença de vazios, que posteriormente são fortes indícios para se chegar a causa do problema.

Figura 29 – Corpo de prova após extração



Fonte: Autora (2020).

E por fim, o último ensaio realizado no local do rompimento é ilustrado na Figura 30, realizado por um profissional habilitado e em pontos estratégicos, indicados pelo calculista estrutural.

Figura 30 – Ensaio de esclerometria realizado em torno do local afetado



Fonte: Autora (2020).

Após os ensaios realizados, e com os resultados obtidos, deu-se início ao processo de reparo e reforço da sinistro ocorrida, os dois entrevistados relataram que houve orientação do calculista para a realização da remontagem dos cabos, determinando a posição das placas de ancoragens e espaçamentos, e o rigor no processo de adensamento no local das ancoragens.

Todo o processo de demolição, remontagem dos cabos, concretagem do trecho e nova protensão da área afetada e com resultados satisfatórios dos rompimentos dos corpos de prova, onde todo processo foi monitorado por meio da engenheira da obra e mestre de obras, onde todo o processo de reparo durou em média 15 dias, a Figura 31 a seguir ilustra o resultado final após o reparo da sinistro ocorrida.

Figura 31 – Resultado final após os processos de reparo e reforço do local do rompimento da cordoalha



Fonte: Autora (2020).

Depois de finalizado o reparo, houve uma nova vistoria técnica com o calculista e engenheiro coordenador das obras da empresa afetada, onde todo o processo foi aprovado por ambos, aonde chegaram a um diagnóstico de que a sinistro poderia ter sido causada por uma má vibração do concreto, ocasionando vazios dentro da laje que podem ser pontos indicadores para a movimentação dos cabos, onde essa movimentação causa um volume na região um acúmulo de concreto não esperado, causando a ruptura.

Com isso, após o reparo foi relatado que as consequências presentes na sinistro em questão foi que, como se trata de uma situação atípica e singular, não houve impacto negativo relacionado a administração da empresa, porém foi exigido mais rigor na conferência e acompanhamento de todas as etapas construtivas, voltadas para a administração da obra e para o operacional.

E por fim, ambos entrevistados relataram que a maior dificuldade diante desse problema ocorrido foi o entendimento de mesmo que você esteja seguro

quanto à conferência, sempre existe o receio de que erros podem acontecer de formas graves ou leves, ou até mesmo comprometer a segurança de um funcionário.

E mais rigor desde a contratação de empresas terceirizadas, promover treinamentos da equipe da obra, e um ponto de extrema importância é a atenção quanto aos registros de inspeção, concretagem, alongamentos dos cabos, ensaios de corpos de prova, onde todos esses documentos apresentados foram cruciais para que fosse geradas uma confiança e organização dos fatos, para que fosse possível mapear e chegar a um diagnóstico e reparo, e alertar para novas conferências. As entrevistas na íntegra estão apresentadas nos apêndices A e B.

4.3.2. Resultados de entrevistas administrativas sobre o sinistro 2 – Deslocamento de cordoalha

Primeiramente, para entender o segundo estudo de caso, buscou-se dos entrevistados uma descrição do ocorrido na visão de cada um, inicialmente ambos relataram que estavam presentes na sala técnica de engenharia no canteiro de obras, e tiveram conhecimento da sinistro por meio de um funcionário que informou, onde o mesmo estava executando uma atividade no andar em questão e identificou a sinistro visualmente, com isso não foi possível ser relatado quando exatamente a sinistro aconteceu, pois não foi gerado nenhum outro efeito que pudesse identificar esse problema.

De início a engenheira da obra relatou que visualmente parecia com o rompimento descrito anteriormente, porém com uma diferença que esse sinistro aconteceu no meio do vão e não na extremidade, já o técnico de edificações apontou que de início imaginou que poderia se tratar de um problema com as elevações dos cabos que por algum motivo poderia não estar de acordo com os projetos, e em seguida ambos relataram que a primeira tomada de decisão foi montar um escoramento local em torno de todo o ocorrido, isolamento da laje e registrar por meio de fotos de vários ângulos do problema.

Após essas tomadas de atitudes os entrevistados relataram que inicialmente a dificuldade era de saber em qual dia e momento ocorreram essa sinistro, pois como não foi emitido nenhum barulho, ficou difícil de identificar quando aconteceu. E também uma dificuldade seria que o serviço de alvenaria já executada

no pavimento em questão, havia sido pago, e teria que ser demolido para realizar o reparo local.

Em seguida a direção da empresa foi informada de forma informal, por meio de ligação, e foi considerado um problema de alto grau, por se tratar de um sinistro estrutural e com isso foi exigido uma visita para reunir os responsáveis de serviços envolvidos na laje e especialistas técnicos para chegar a um diagnóstico do problema, e após uma reunião realizada com profissionais da empresa responsável por executar o sistema de protensão, juntamente com o calculista e o coordenador de obras, orientações foram exigidas em seguida já se deu início da programação de reparo do sinistro ocorrida.

Como se tratava de um problema com menos impacto visual, não foram solicitados ensaios para diagnosticar o problema, porém os relatórios de corpos de prova da laje em questão foram revisados e apresentavam resultados satisfatórios, e a partir desse momento já foi realizado o pedido de novos cabos de protensão que seriam trocados, todo processo de reparo foi monitorado pela engenheira da obra e do mestre de obras, onde todo o processo durou cerca de 15 dias úteis.

Foi relatado que a empresa especializada e responsável em executar o sistema de protensão executaria a troca dos cabos, a realocação dos cabos e concretagem do local, em seguida os responsáveis técnicos chegaram a um diagnóstico de que a sinistro possivelmente poderia ter sido ocasionada devido ao espaçamento mínimo entre as faixas de cabos com uma caixa de passagem, não teria sido executado como determinado em projeto, onde a distância em projeto apresentava 5 cm, juntamente com a má vibração do concreto, causou um vazio no local que permitiu a movimentação das cordoalhas. A Figura 32 a seguir ilustra o resultado de todo o reparo e reforço da área afetada e acabamento final garantindo a eficiência do sistema de protensão e segurança da estrutura.

Figura 32 – Resultado final do reparo realizado para corrigir o deslocamento da faixa de cabos



Fonte: Autora (2020).

Após todo processo de recuperação os entrevistados não relataram alguma consequência negativa resultado do sinistro ocorrido, apenas foram reforçadas as exigências no processo de conferência da laje, e como maior dificuldade encontrada foi de imaginar em que momento esse sinistro havia acontecido e o porquê de ter se deslocado após muitos dias da protensão. Contudo a atenção ficou redobrada para os processos de antes de iniciar qualquer atividade buscar entender profundamente os projetos e não deixar de tirar dúvidas com o projetista, para que haja um entendimento completo no recebimento e conferência do serviço, evitando futuros sinistros. As entrevistas na íntegra estão apresentadas nos apêndices C e D.

4.4. Entrevista técnica com empresa A de protensão

Buscou se primeiramente obter da empresa especialista em sistema de protensão atuante no mercado há muito tempo, quais são os benefícios do sistema e edificações de múltiplos pavimentos. O entrevistado, engenheiro civil, relatou que esse sistema é considerado leve, não faz uso de equipamentos pesados, onde muitas vezes apenas um funcionário consegue executar a atividade, e isso é uma grande vantagem diante dos dois tipos sistema de protensão.

Contudo, foi relatado que parte dos sinistros do sistema é possível identificar quando relacionada a material, projetos e execução. Fazendo um comparativo, sinistros em materiais são praticamente nulas, por que todos os materiais passam por um rigoroso controle de qualidade e manutenção periódica garantindo a qualidade dos mesmos.

Em projetos, também não são comuns de acontecer, porém quando apresentadas é realizado revisões nos projetos que alteraram os erros encontrados, onde a maioria das vezes são erros de digitação.

Quanto à execução, são as mais comuns de acontecer, onde a principal delas é o adensamento realizado de forma incorreta, onde esse sinistro é visivelmente mostrado após a cura do concreto, onde a protensão funciona como um teste desse concreto, podendo ser comparada a um rompimento de laboratório onde na hora que os cabos empregados na laje serão protendidos e se o concreto não estiver bem adensado nas bordas das ancoragens o concreto se rompe e causa sinistros em todo sistema de protensão.

O entrevistado relatou que não é possível determinar os sinistros mais frequentes e acontecer, por se tratar de um sistema simples e automático, é possível ter todo controle de todas as etapas construtivas e assegurar essa estrutura, contudo o histórico de sinistros mais presentes são relacionados a etapa da concretagem, furo realizado na laje que não são predeterminados em projeto usa de *parabolts*, reabertura de *shafts*, entendimento errado do projeto e consequentemente execução errada do sistema.

A empresa realiza registros para cada sinistro que ocorre. Onde é feito uma análise para investigar o porquê do ocorrido em reuniões semanais, de acordo com a demanda de obras.

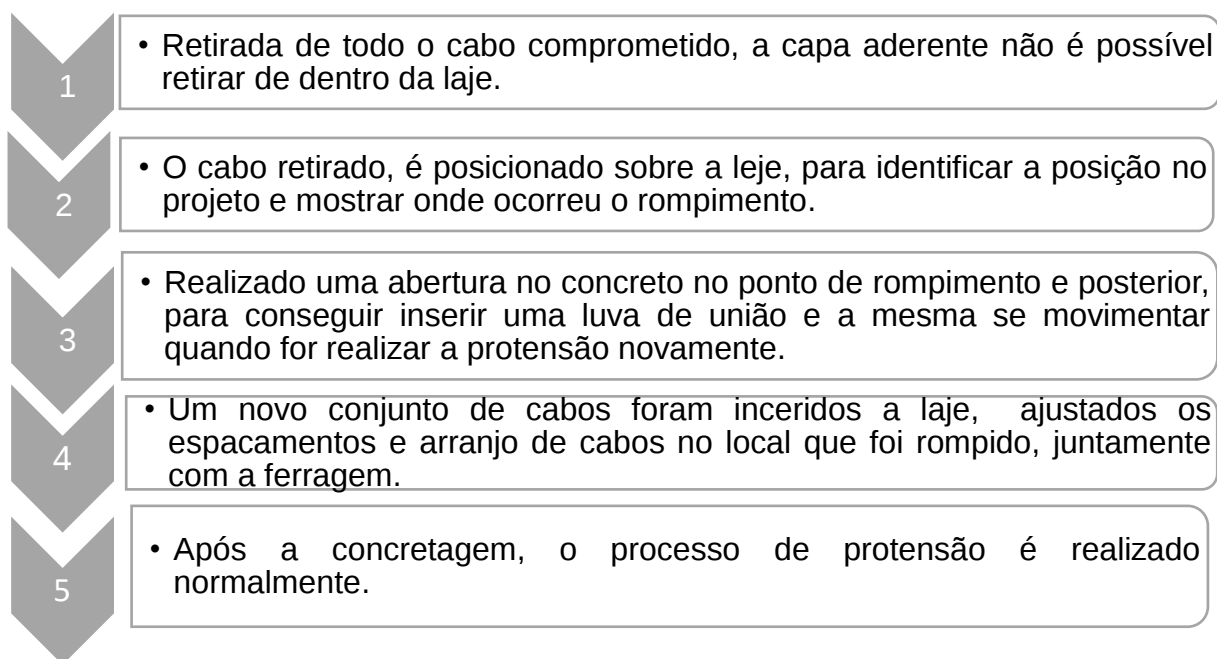
4.4.1. Resultado da entrevista técnica sobre o sinistro 1 e 2 - Rompimento e deslocamento de cordoalha

Inicialmente relatado sobre o rompimento da cordoalha, foi descrito como primeira tomada de decisão, convocar para o local do ocorrido os funcionários mais antigos para analisar o problema, e investigar o porquê ocorreu, identificar o tipo de protensão, e no momento dessa vistoria um funcionário extrai a ponta que quebrou, tira fotos, e acontece uma consulta a pasta de alongamentos da laje em questão que fica registrado qual profissional executou.

Após esse processo de análise, imediatamente dar se início ao reparo e reforço do local afetado, onde foi relatado que quando acontece um rompimento a cordoalha, imediatamente o cabo volta ao seu tamanho original, onde na maioria do casos o cabo que foi expulso da laje, apresenta um estrondo que é possível escutar, resultado de 15 toneladas de tensão que ele foi submetido, mas com a cravação vai pra uma carga de 12 a 13 toneladas.

O cronograma a seguir descreve os processos que foram realizados para executar o reparo do sinistro ocorrido, será ilustrado na Figura 33.

Figura 33 – Cronograma de processos construtivos para reparo do rompimento de cordoalha



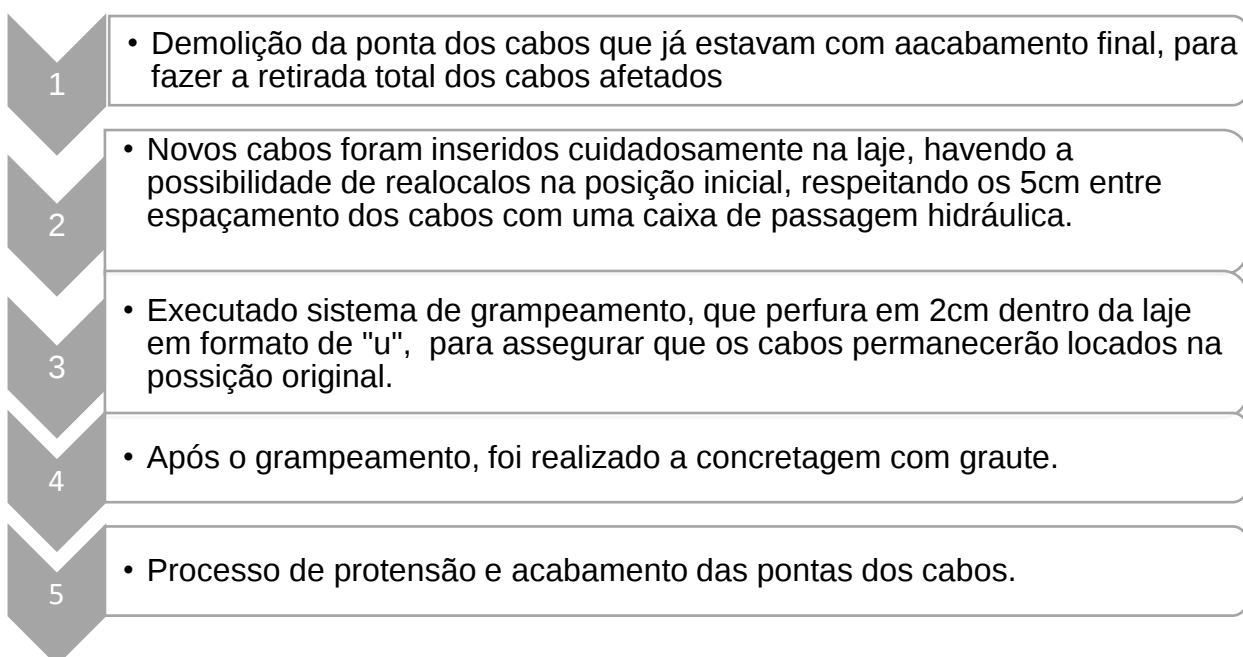
Fonte: Autoria própria (2020).

Após o reparo executado, não é cobrado nada a mais no contrato fechado inicialmente para a obra em questão, onde somente são acrescidos os valores da reposição dos cabos, custo do cabo, custo da luva, tempo do macaco hidráulico, diária do funcionário, contudo garantindo a segurança e eficiência no sistema de protensão.

Posteriormente, sobre o segundo estudo de caso que se trata de um deslocamento de uma faixa de cabos, onde foi relatado que o procedimento inicial da empresa é sempre o mesmo diante de sinistros que acontecem, como primeira tomada de decisão, convocar para o local do ocorrido os funcionários mais antigos para analisar o problema, e investigar o porquê ocorreu identificar o tipo de protensão, e no momento dessa vistoria é identificado como proceder para realizar o reparo, é realizado registros de fotos, e também é realizada uma consulta à pasta de alongamentos da laje em questão onde fica registrado qual profissional executou.

Para o segundo estudo de caso, o cronograma a seguir descreve todas as etapas realizadas do reparo, referente ao deslocamento de cordoalhas, ilustrado na Figura 34 a seguir:

Figura 34 – Cronograma de processos construtivos de reparo do sinistro ocorrido, deslocamento de cordoalha.



Fonte: Autoria própria (2020).

A Figura 35 a seguir, ilustra o processo de grampeamento, executado no processo de reparo para o sinistro apresentada anteriormente.

Figura 35 – Processo de grampeamento de cordoalha na estrutura



Fonte: Autora (2020).

Após os reparos o processo de reparos relatados pelo entrevistado foi descrito como diagnóstico o acavalamento dos cabos devido a má vibração do concreto, onde os vazios presentes no concreto, causaram uma movimentação dentro da laje, no segundo estudo de caso foi possível observar que os cabos se deslocaram para o lado em que tinham apenas 5 cm de concreto, onde esse acavalamento causou um aumento de volume concreto nessa região e com isso os cabos se deslocaram.

De modo geral a empresa é muito conhecida e respeitada no mercado de sistemas de proteção, podendo ser descrita como uma referência, e com isso esses casos atípicos apresentados são sempre resolvidos de forma amigável e sem formalidades quanto a documentos de controle de qualidade. A entrevista na íntegra está apresentada no Apêndice E.

5 CONCLUSÕES

O grande objetivo desse trabalho foi apresentar dois casos de sinistros em sistema de protensão em laje maciça de concreto, como forma de subsídio a futuros projetos da mesma natureza, onde os projetistas possam ter ciência desses casos de forma que isso não se repita e garanta a segurança de obras futuras.

Com a apresentação dos casos foi possível ver que existem vários tipos de sinistros possíveis de ocorrer em sistema de protensão não aderente. Contudo, pode-se concluir que esses sinistros podem ser evitados por meio de adequação no projeto e com o uso de controle de qualidade nas técnicas de execução. Além disso, é possível concluir também, que em relação aos estudos de caso apresentados no trabalho, a edificação não ficou comprometida, pois existem meios de reparos e reforços estruturais capazes de assegurar a resistência estrutural determinada em projeto.

Os resultados dos formulários apresentados no presente trabalho proporcionaram uma descrição completa dos sinistros ocorridos, tomadas de decisões diante cada sinistro, diagnóstico e processos de reparo e reforço de ambos os sinistros.

Foi possível observar nos formulários que as principais causas dos sinistros descritas em sistemas de protensão não aderente, estão relacionadas à execução, especificamente na etapa da concretagem, que é uma etapa de extrema importância e que necessita de profissionais habilitados para assegurar que o processo está sendo realizado da forma correta. Tendo em visto que os problemas causados em concretagens são apresentados posteriormente à execução. Nos casos em estudo, conclui-se que a má vibração do concreto em regiões próximas ao sistema de protensão pode ter sido uma das causas de sinistros.

Analisando particularmente cada um dos estudos de casos, é possível identificar que os sinistros apresentados neste trabalho podem ter ocorrido devido a diversos fatores. E diante do que foi descrito anteriormente, as principais causas relatadas foram erros de execução, evidenciando a má vibração do concreto e a ausência de uma conferência minuciosa nos processos construtivos. Contudo é possível observar também que talvez esses problemas poderiam ter sido evitados com a realização de uma melhor compatibilização de projetos, foram mostradas imagens onde ilustrava que as instalações hidrossanitárias estavam muito próximas

a uma faixa de cabos na região em que ocorreram as duas sinistros, e essa distância era a mínima distância permitida em projetos, não sendo acrescida uma distância à mais para garantir a segurança do sistema de protensão. Então é possível concluir que, é imaginável que exista mais de uma causa nos sinistros apresentadas, tanto na ruptura das cordoalhas, como no deslocamento, seja pela execução ou compatibilização de projetos, ou uma junção dessas causas.

Nos casos em questão, em projetos de traçado dos cabos mostravam uma curva da faixa de cabos que percorre por todo comprimento da laje próxima às caixas de passagens. Contudo, observou-se que a orientação em campo, não apresentada em projeto, é que essas curvas fossem executadas de forma mais ampla. Como essa informação não constava em projeto, conclui-se que pode não ter sido executada de tal maneira, sendo uma das possíveis causas de sinistros. Sugere-se que a etapa de compatibilização de projeto seja sempre tratada com prioridade, e todas as informações sejam registradas.

Conclui-se por fim que a importância de uma boa compatibilização de projetos é indiscutível, e com isso sugere-se para futuros projetistas que tenham um olhar mais atencioso para esse ponto, adotando medidas de segurança como foi visto ao longo do projeto. Como por exemplo, a adoção de curvas mais suaves, distanciamentos consideráveis de caixas de passagens e atenção à vibração do concreto próximo das áreas pretendidas.

Diante da limitação apresentada na metodologia do presente trabalho, o acesso a alguns relatórios não foi possível, tendo como dados coletados somente as fotos e os formulários. Com isso, tem-se como sugestão de trabalhos futuros, uma análise quantitativa dos impactos de sinistros em sistema de protensão em estruturas prediais. Por exemplo, é válida a realização de uma análise dos custos ocasionados por esses sinistros, de forma a comparar os custos previstos com os custos finais de execução estrutural. Sugere-se também, como continuidade deste trabalho, a análise do impacto desses sinistros no cronograma da obra, de forma a contribuir com um portfólio de informações capazes de orientar e prevenir projetistas e engenheiros de campo.

REFERÊNCIAS

ALLEN, Edward; IANO, Joseph. **Fundamentos de engenharia de edificações**. 5ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2013.

ARAÚJO, José Milton de. Curso de concreto armado. Rio Grande, Dunas, 2010.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7584: **Concreto Endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão**, Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7584: **Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8802: **Concreto endurecido – Determinação de velocidade de propagação de onda**, Rio de Janeiro, 2013.

BARBOZA, T.S. **Estudo Comparativo Do Dimensionamento De Lajes Protendidas Com uso de Programas Computacionais**. Monografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Estruturas de concreto armado** / Paulo Sérgio dos Santos Bastos. – São Paulo: UNESP, 2014.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Histórico e principais elementos estruturais de concreto armado** / Paulo Sérgio dos Santos Bastos. – São Paulo: UNESP, 2006.

BRANDÃO, A. M. S.; PINHEIRO, L. M. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto**. Cadernos de Engenharia de Estruturas. EESC. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.

CARVALHO, Roberto Chust. **Estruturas em concreto protendido: pré-tração, póstração, cálculo e detalhamento**. São Paulo: PINI, 2012.

CAUDURO, E.L. **Manual para a boa execução de estruturas protendidas usando cordoalhas de aço engraxadas e plastificadas**. 2a ed., s/d, 111p. Disponível em (1/02/2019):[http://www.set.eesc.usp.br/mdidatico/protendido/arquivos/manual_para_a_boa_execucao_de_es truturas_protendidas.pdf](http://www.set.eesc.usp.br/mdidatico/protendido/arquivos/manual_para_a_boa_execucao_de_es_truturas_protendidas.pdf).

CAZZO, R. L. **Lajes protendidas: aplicações em geral**. 2008. Monografia (graduação em Engenharia Civil) – Universidade São Francisco. Itatiba, 2008.

CUNHA, M.O. **Recomendações para projeto de lajes formadas por vigotas com amarração treliçada.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos 2012.

EMERICK, A. Anozé. **Projeto e Execução de Lajes Protendidas.** Brasília. 2002.

EVANGELISTA, A.C.J. **Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos.** Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, 2002.

FARIA, E. Lincoln. **Projeto de Lajes Planas Protendidas Via Método dos Elementos Finitos e Pórticos Equivalentes.** 2004. 289 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

FARJERSZTAJN, H.; LANDI, F. R. **Boletim técnico da Escola Politécnica da USP.** BT/PCC/60. São Paulo: EPUSP, 1992.

FONSECA, João José Saraiva. **Metodologia da pesquisa científica** / João José Saraiva da Fonseca. Fortaleza – CE, 2002. – Universidade Estadual do Ceará.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GODOI, C.K.; MATTOS, P.L. de. **Entrevista qualitativa: instrumento de pesquisa e evento dialógico.** In: GODOI, C.K.; BANDEIRA-DE-MELLO, R.; BARBOSA DA SILVA, A. (Org.). Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais. São Paulo: Saraiva, 2006.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras e edificações.** Monografia (graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2015.

HANAI, João Bento de. **Fundamentos do Concreto Protendido.** São Carlos, Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharias de Estruturas, 2005. E-book.

HELENE, P. R. L., **Manual para Reparo, Reforço e Protenção de Estruturas de Concreto.** São Paulo: Pini, 1992.

HIBBELER, R. C. **Análise das estruturas** / R. C. Hibbeler; tradução Jorge Ritter; revisão técnica Pedro Vianna. – São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

IMPACTO – **Catálogo de fôrmas.** Fortaleza – CE, 2017. Disponível em:<
<http://impactoprotensao.com.br/servicos/formas/>>.

INFORSATO, Thiago Bindilatti. **Considerações Sobre O Projeto, Cálculo e Detalhamento De Vigas Pré-Fabricadas Protendidas Com Aderência Inicial Em Pavimentos De Edificações**. 262 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

JÚNIOR, J.O. DOS SANTOS. **Estudo comparativo do comportamento entre argamassas produzidas com areia vermelha e arisco**. Monografia – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

KAESTNER, C.L. **Dimensionamento de Longarinas Protendidas Com a Consideração de Etapas Construtivas**. Monografia - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

KOLEK, J. **Non-destructive of concrete by hardness methods**. Institute of Civil Engineers, London, 1969.

LOUREIRO, Giordano José. **Projeto de lajes protendidas com cordoalhas engraxadas**. Fortaleza: 2006.

MACEDO, M. G. GONTIJO. **Lajes lisas em concreto protendido: Análise e Dimensionamento Estrutural**. Monografia – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

MACEDO, SOUZA; **Lajes lisas em concreto protendido – Análise e dimensionamento estrutural** – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

MALHOTRA, V. M. **Surface hardness methods**. In MALHOTRA, V. M.; CARINO, N. J. Handbook on nondestructive testing of concrete. 2. ed. CRC Press, 2004.

MALHOTRA, V. M., 1984, “In Situ / Nondestructive Testing of Concrete – **A Global Review**”, In **Situ/Nondestructive Testing of Concrete**, Special Publication SP-82, American Concrete Institute, Detroit.

MARTINS, G. A. **Estudo de caso: uma reflexão sobre a aplicabilidade em pesquisas no Brasil**. Revista de Contabilidade e Organizações, v. 2, n. 2, jan./abr., 2008, p. 9-18.

MEHTA, P. K. MONTEIRO, P.J.M., **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 3.ed. São Paulo, IBRACON, 2008.

MEHTA, P.K., MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994.

MERLIN, Andrei José. **Momentos fletores negativos nos apoios de lajes formadas por vigotas de concreto protendido**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Universidade de São Carlos. São Carlos, 2002.

MINAYO, Maria Cecília de Sousa. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. Rio de Janeiro: UCITEC-ABRASCO, 1994.

PFEIL, WALTER. **CONCRETO PROTENDIDO**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e Científicos Editora S.A., 1980.

PITTA, M. R. **Pavimentos de concreto (parte II)**. Revista Técnica. São Paulo, vol. 46, 2000.

SANTOS, J. M. M. N.D. **Avaliação da integridade estrutural de pontes de betão – o caso de ponte Nossa Senhora da Guia**. 2008. 244p. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Porto. Porto, (2008).

SANTOS, José Sérgio. **Desconstruindo o projeto estrutural de edifícios / - Fortaleza-Ceará**, 2017.

SCHMID, M. R. L. **Concreto protendido: por que protender uma estrutura de concreto?** Revista Concreto & Construções, São Paulo, v. 34, n. 45, p. 33-36, jan./fev./mar.2007.

SILVA, D.P. **Projeto Estrutural do Edifício Anexo do Instituto do Câncer do Ceará, Dimensionamento de Lares Pré-Moldadas e Protendidas TT**. Monografia – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

SIQUEIRA, J. S., SOUZA, C. A. G., SOUZA, J. A. S. **Reaproveitamento de cinzas de carvão mineral na formulação de argamassas**. Cerâmica vol. 58, p. 275-279, 2012.

SOBRAL, Hernani Sávio. **Propriedades do concreto fresco**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2000.

SPOHR, V. HENRIQUE. **Análise comparativa: sistemas estruturais convencionais e estruturas de lajes nervuradas**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2008.

SUGIMOTO, Luiz. **O que fazer com os resíduos das rochas ornamentais**. Jornal da Unicamp, 24 de abr. de 2017. Disponível em: <<https://www.unicamp.br/unicamp/index.php/ju/noticias/2017/04/24/o-que-fazer-com-os-residuos-das-rochas-ornamentais>>.

TAKATA L. T. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado: Estudo de caso**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2009.

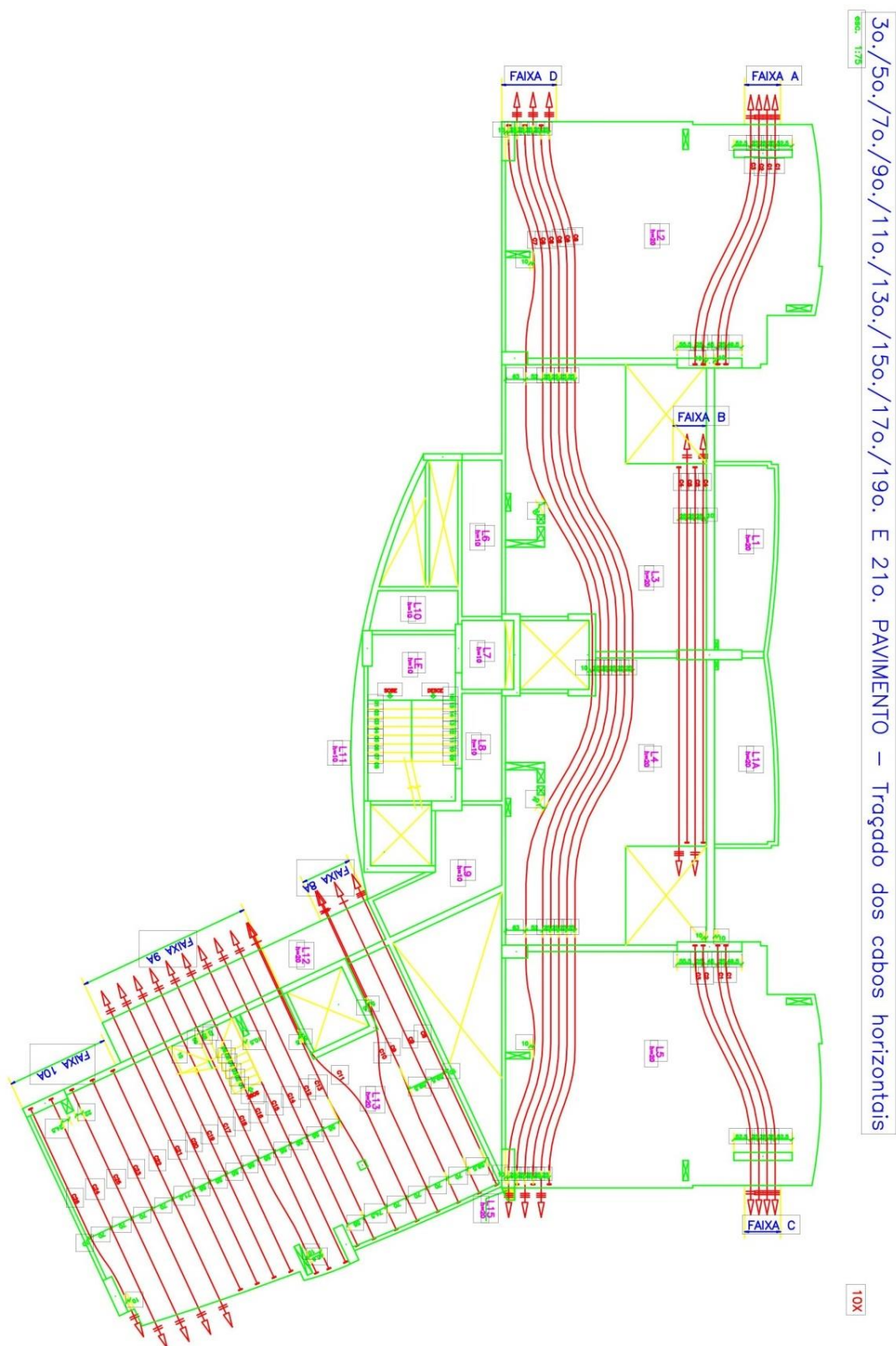
TOSETTO, R. D. **Análise de viabilidade de ampliação de uma edificação comercial utilizando ensaios destrutivos e não destrutivos – estudo de caso**. Monografia (graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – Brasília, 2017.

VASCONCELOS, K. SILVA. **Análise comparativa entre lajes nervuradas em concreto armado e concreto protendido**. Monografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

VERÍSSIMO, G. SOUZA. **Concreto Protendido. Fundamentos básicos** – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 1998.

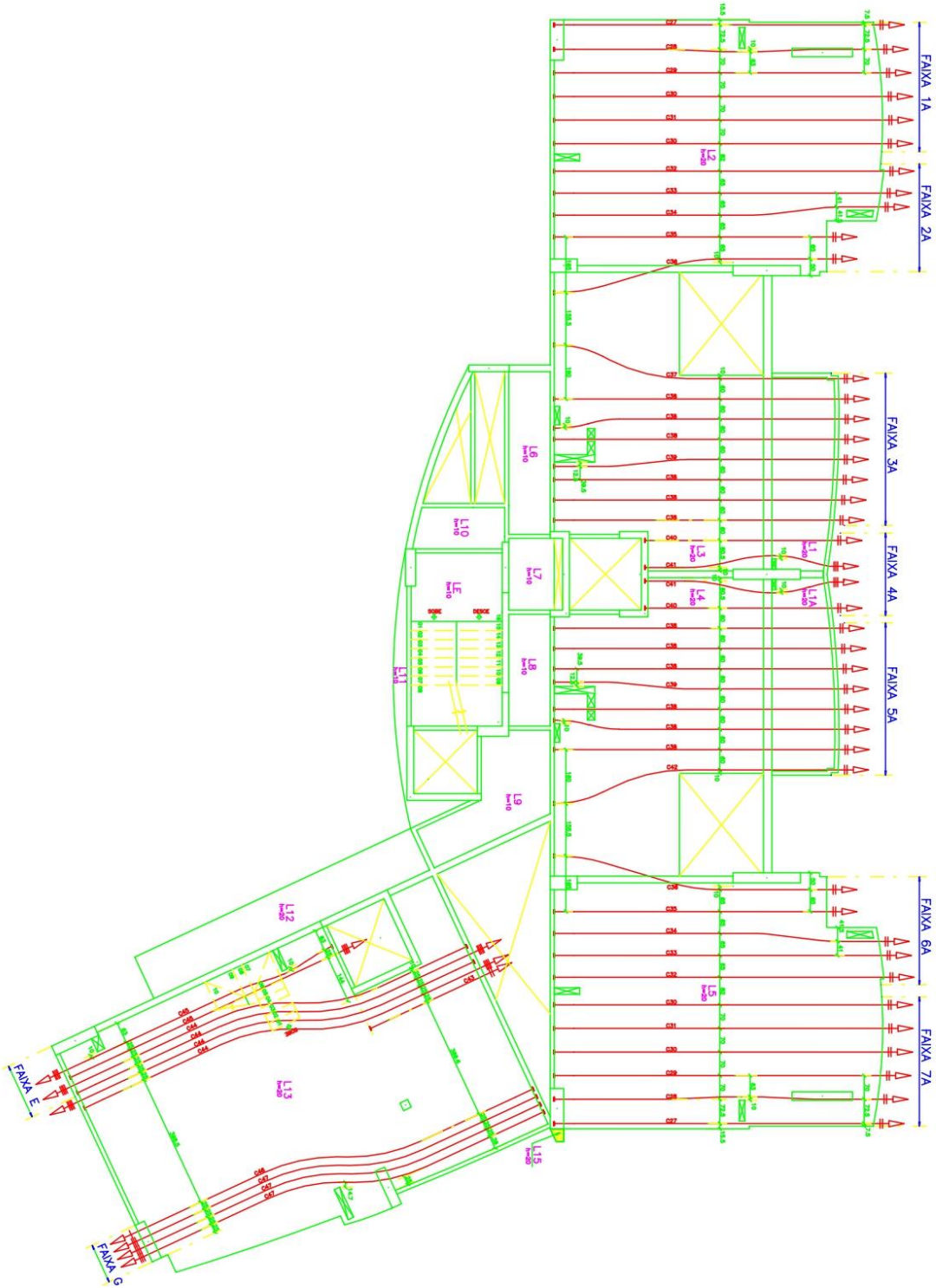
YIN. R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3 ed., Porto Alegre: Bookman, 2005. ZANELLI, J. C. Pesquisa qualitativa em estudos da gestão de pessoas. Estudos da Psicologia, n. 7, 2002, p.79-88.

ANEXO A – PROJETO DO TRAÇADO DOS CABOS NA HORIZONTAL



ANEXO B – PROJETO DO TRAÇADO DOS CABOS NA VERTICAL

3o./5o./7o./9o./11o./13o./15o./17o./19o. E 21o. PAVIMENTO – Traçado dos cabos verticais
esc. 1:75



ANEXO C – GALERIA DE IMAGENS DOS SINISTROS EM ESTUDO



APÊNDICE A – ENTREVISTA 1 – ADMINISTRATIVA PARA SINISTRO 1



Entrevista administrativa para Estudo de Caso – Rompimento de Cordoalha em prédio residencial em Fortaleza/CE

Estamos realizando uma pesquisa a respeito de sinistros em processo de protensão em lajes maciças em concreto, e escolhemos como estudo de caso dois eventos ocorridos em edificação residencial executada por sua empresa. Essa pesquisa visa coletar dados para trabalho de conclusão de curso, que objetiva desmistificar o uso de protensão e os receios por problemas de execução, auxiliando no processo de tomada de decisão com relação ao seu uso em futuros empreendimentos. Pedimos sua colaboração na pesquisa, respondendo aos questionamentos a seguir de forma clara e sincera.

1. DESCRIÇÃO DO OCORRIDO

Sabemos que durante a execução da estrutura da edificação em estudo, houve um sinistro no processo de protensão em lajes maciças em concreto protendido. Por você possuir papel administrativo na empresa quando ocorreu esse evento, gostaríamos que você descrevesse, com suas palavras, o ocorrido, abordando os seguintes aspectos:

1) Onde você estava quando ocorreu?

Estava na sala de engenharia que fica a cerca de 40m da projeção da torre.

2) Como você ficou sabendo dos ocorridos?

Devido ao grande estrondo ocorrido devido ao rompimento do concreto e pela grande nuvem de poeira e fragmentos de concreto que se espalharam no local e em torno da projeção da torre.

3) Quais foram as primeiras impressões visuais e auditivas dos ocorridos?

Visualmente a princípio não imaginei que poderia ter sido um problema com os cabos, foi bem confuso no momento e pelo barulho, inicialmente imaginei se tratar de algum colaborador que havia caído na bandeja de proteção, mas logo em seguida constatei que não.

4) Qual foi a primeira fonte de registro dos ocorridos?

Foram tiradas fotos de vários ângulos, a fim de registrar ao máximo o primeiro momento do ocorrido, para que não houvesse descaracterização da cena para uma melhor análise da situação.

2. PROVIDÊNCIAS TOMADAS INICIALMENTE

Sabemos que algumas providências precisaram ser tomadas de prontidão devido à complexidade dos problemas. Gostaríamos que você descrevesse que providências foram essas, englobando na descrição os seguintes aspectos:

1) Qual a primeira providência inicial foi tomada em relação a segurança, no local e em torno do ocorrido?

Inicialmente a obra entrou em contato com o coordenador de obras que em seguida entrou em contato com o calculista, após isso o perímetro da torre onde ocorreu o fato foi isolado em nível de térreo, posteriormente abaixo do pavimento afetado, foi feito escoramento ao redor do local, em seguida a área onde ocorreu o caso foi isolada por medida de segurança e de preservação da cena do ocorrido.

2) Ouve alguma dificuldade para essa tomada de providência inicial?

Não, naquele momento detínhamos das ferramentas necessárias para estabilizar o problema até que providencias fossem tomadas.

3. DIFICULDADE AO LIDAR COM O PROBLEMA

Sabemos que esse ocorrido foi um problema inédito para a obra. Com isso gostaríamos que você detalhasse as dificuldades em todo o processo, desde o entendimento do problema, até sua resolução, assim como no posicionamento como gestora da obra para a empresa. Em seu relato, abordar os seguintes aspectos:

1) Qual a primeira dificuldade apresentada diante do problema? E a maior de todas as dificuldades no processo como um todo?

Identificar o responsável pelo ocorrido, a princípio os envolvidos no fato ficaram se isentando da responsabilidade e jogando-a para o outro.

Fazer os operários envolvidos no processo entenderem a importância de cada passo do processo e as consequências que os erros poderiam trazer.

2) Ouve alguma dificuldade em contatar os envolvidos do problema?

Não, todos foram bem solícitos no primeiro momento, posteriormente debateram entre si, quem seria o responsável pela manifestação patológica.

3) Como a empresa foi informada do ocorrido?

De imediato a obra entrou em contato com o superior direto para relatar o caso.

4) Qual a reação da empresa com a notícia?

Primeiro momento de surpresa e susto, pois todas as lajes foram feitas da mesma forma, que garantias a empresa teria que o problema não ocorreria em outra dessas.

5) Qual o nível de gravidade que a empresa atribuiu ao problema?

Por se tratar de um problema estrutural, a empresa voltou todas as atenções para o problema, buscando entender o corrido e as causas que levaram o fato a acontecer a fim de mitigar os erros no processo e torna-lo mais seguro e confiável.

6) Ouve um rápido retorno da empresa e dos envolvidos para tomadas de ações para solucionar o problema?

Sim, como relatado anteriormente todos foram bastante solícitos e tomaram conhecimento do problema tão logo ele ocorreu.

4. PROVIDÊNCIA PARA DIAGNÓSTICO DO PROBLEMA

Após a identificação e tomada de atitudes iniciais para conter o problema, gostaríamos que você descrevesse quais foram as recomendações, ensaios e métodos de diagnóstico, profissionais envolvidos e outros aspectos técnicos (de forma cronológica que esses fatos foram acontecendo). Em seu relato, abordar os seguintes aspectos:

1) Qual a primeira iniciativa para obter o diagnóstico do problema?

Por se tratar de uma laje curada, foi verificado os resultados dos rompimentos de corpo de prova daquele ponto específico da laje, os mesmos apresentaram valores um pouco superiores ao especificado em projeto, assim como os da concreteira que logicamente também foram satisfatórios.

2) Quais responsáveis foram chamados para solucionar?

A empresa responsável pela estrutura e a responsável pela protensão.

3) Foi exigido ou apresentado documentos para confirmação do diagnóstico?

Não.

4) Quais ensaios foram realizados?

Ensaio de ruptura do corpo de prova e Esclerometria.

5. PROVIDÊNCIA DE REPARO E REFORÇO

Após uma série de análises para chegar ao diagnóstico, gostaríamos de saber quais envolvidos e quais medidas foram recomendadas e por quem, para que fosse executado o reparo do problema, abordando os seguintes aspectos:

1) O processo de reparo foi iniciado em curto ou demorado tempo após diagnóstico final?

Curto tempo, após diagnosticadas as possíveis causas, já se deu início o processo de reparo.

2) Ouve uma orientação de algum especialista na realização do reparo?

Sim, na remontagem dos cabos, verificar se as placas de ancoragem estavam com o espaçamento estipulado em projeto e no momento da concretagem, dar ênfase ao processo de adensamento no local das ancoragens.

3) Ouve um monitoramento do processo de reparo? Por quem?

Sim, pela engenheira da obra seguido pelo mestre de obras que monitorou todo o processo.

4) Qual foi tempo médio de duração do processo de reparo realizado?

Entre o início da demolição e a concretagem, durou cerca de 7 dias.

5) Após a finalização do reparo, ouve outra vistoria técnica para aprovar e assegurar a estrutura?

O coordenador de obras veio verificar o resultado final e como todo o processo foi verificado incisivamente pela engenheira da obra, o resultado foi aprovado por ambos.

6. CONSEQUÊNCIAS DO OCORRIDO

Em uma obra, uma parte muito importante é a segurança e o impacto que ela gera em todos os envolvidos. Com isso gostaríamos que você descrevesse sobre quais consequências esse ocorrido gerou, de forma positiva e negativa, para todos os envolvidos (administração da obra, operários, diretoria e futuros clientes do empreendimento). Em seu relato, abordar os seguintes aspectos:

1) Após o problema solucionado, ouve alguma reação negativa dos trabalhadores da obra em relação a segurança e estabilidade da estrutura?

Aparentemente não, visto que foi um caso atípico e singular para a obra até aquele momento.

2) Após o problema solucionado, ouve alguma reação negativa dos futuros clientes do edifício em relação a segurança e estabilidade da estrutura?

Não tenho muito embasamento para discorrer sobre a relação dos clientes com a construtora, mas por se tratar de algo pontual e que não gerou tanto impacto na rotina da obra, acredito que não tenha gerado nenhum tipo de desconfiança com a clientela.

3) Ouve alguma nova exigência vindo a diretoria da empresa, afim de evitar problemas futuros? Se sim, essas exigências foram eficazes?

Sim, que a parte técnica acompanhasse mais de perto o processo de execução até a concretagem da laje, foram repassadas algumas orientações dos especialistas quanto ao processo e as mesmas foram repassadas ao operacional.

Sim as exigências foram eficazes.

4) Ouve alguma mudança no processo de execução das posteriores lajes após esse ocorrido?

Não, mas foi exigido maior rigor no momento da conferencia dos serviços envolvidos bem como na concretagem, dando ênfase ao adensamento.

7. VISÃO ATUAL DO PROBLEMA

E por fim, gostaríamos que você descrevesse sua visão atual do problema, depois dele ter passado e tudo ter sido resolvido com eficácia e segurança. Visto que não é um problema constante em estruturas protendidas, de certa maneira esse problema trouxe uma experiência única. Com isso, qual alerta você poderia apresentar para outros profissionais que possam vir a se deparar com essas ocorrências em suas obras? Responder abordando os seguintes aspectos:

1) Qual foi a maior dificuldade que você encontrou no lado pessoal e profissional com esse ocorrido?

No lado pessoal, por mais que você se esforce para verificar tudo, acompanhar de perto, sempre haverá um momento de descuido e será nesse momento que os erros podem acontecer. Pelo lado profissional, quando se eleva o nível de exigência, acompanhado a ele vem a antipatia da cobrança, fazendo com que nós responsáveis pela fiscalização do serviço sejamos vistos como algozes dos que executam e em algum momento certamente vai gerar algum dessabor entre as partes, mas tudo dentro do profissional.

2) E qual sua visão hoje após todo esse processo do problema em questão?

Acredito que a ênfase deve sempre ser dada no acompanhamento do serviço, do início ao fim, incessantemente, pois nos menores detalhes podem se ocorrer os maiores problemas.

3) O que você poderia descrever com a experiência de vivencia desse problema para outros profissionais que possam vir a se deparar com o mesmo problema?

A palavra é treinamento. Treinar o operacional é um aspecto de fundamental importância para o bom desenvolvimento do processo, quer seja ele qual for, fazer o operário entender não só o processo, mas também o motivo pelo qual ele está desempenhando aquela atividade, dos riscos que podem ocorrer se ele não realiza. Lá como deve ser e também valorizá-lo pelo bom desempenho, faz do operário uma engrenagem importantíssima dentro do processo.

Outro aspecto que julgo ser complementar é a conferência, o C do ciclo PDCA, não só após a execução do serviço, mas também durante o processo, de repente o problema pode ser identificado na execução e muita dor de cabeça ser evitada.

APÊNDICE B – ENTREVISTA 2 – ADMINISTRATIVA PARA SINISTRO 1



Entrevista administrativa para Estudo de Caso – Rompimento de Cordoalha em prédio residencial em Fortaleza/CE

Estamos realizando uma pesquisa a respeito de sinistros em processo de protensão em lajes maciças em concreto, e escolhemos como estudo de caso dois eventos ocorridos em edificação residencial executada por sua empresa. Essa pesquisa visa coletar dados para trabalho de conclusão de curso, que objetiva desmistificar o uso de protensão e os receios por problemas de execução, auxiliando no processo de tomada de decisão com relação ao seu uso em futuros empreendimentos. Pedimos sua colaboração na pesquisa, respondendo aos questionamentos a seguir de forma clara e sincera. São 10 perguntas abertas e a pesquisa é confidencial e o nome da empresa só será divulgado com a devida autorização.

1. DESCRIÇÃO DO OCORRIDO

Sabemos que durante a execução da estrutura da edificação em estudo, houve um sinistro no processo de protensão em lajes maciças em concreto protendido. Por você possuir papel administrativo na empresa quando ocorreu esse evento, gostaríamos que você descrevesse, com suas palavras, o ocorrido, abordando os seguintes aspectos:

1) Onde você estava quando ocorreram?

Na obra, na sala de engenharia. Foi por volta das 10h00 horas da manhã.

2) Como você ficou sabendo dos ocorridos?

Ouvi um estrondo e fui procurar de onde vinha.

3) Quais foram as primeiras impressões visuais e auditivas dos ocorridos?

Foi um estrondo enorme. A princípio como não sabia de onde vinha, pensei que fosse algum acidente com funcionário, ou que tivesse caído algum material da laje. Fui pra torre e, de longe, percebi uma “fumaça”, por que havia caído material (pedaços de concreto) no pavimento inferior.

4) Qual foi a primeira fonte de registro dos ocorridos?

Registro por fotos.

2. PROVIDÊNCIAS TOMADAS INICIALMENTE

Sabemos que algumas providências precisaram ser tomadas de prontidão devido à complexidade dos problemas. Gostaríamos que você descrevesse que providências foram essas, englobando na descrição os seguintes aspectos:

1) Qual a primeira providência inicial foi tomada em relação a segurança, no local e em torno do ocorrido?

Isolamos a área e colocamos escoras por todo o trecho do pavimento e mais um pavimento abaixo.

2) Ouve alguma dificuldade para essa tomada de providência inicial?

Não houve.

3. DIFICULDADE AO LIDAR COM O PROBLEMA

Sabemos que esse ocorrido foi um problema inédito para a obra. Com isso gostaríamos que você detalhasse as dificuldades em todo o processo, desde o entendimento do problema, até sua resolução, assim como no posicionamento como gestora da obra para a empresa. Em seu relato, abordar os seguintes aspectos:

1) Qual a primeira dificuldade apresentada diante do problema? E a maior de todas as dificuldades no processo como um todo?

A primeira dificuldade foi, quando pensamos em extrair novos corpos de prova, em qual local fazer a extração, visto que a laje é 100% protendida. então, tinham muitos cabos passando.

A maior de todas as dificuldades foi encontrar o porquê do rompimento desse trecho.

2) Ouve alguma dificuldade em contatar os envolvidos do problema?

Não houve.

3) Como a empresa foi informada do ocorrido?

Mesma hora do ocorrido, foi comunicado a supervisão por telefone.

4) Qual a reação da empresa com a notícia?

Solicitou o isolamento da área, que já havia sido providenciado.

5) Qual o nível de gravidade que a empresa atribuiu ao problema?

A princípio a empresa pensou em erro armação, mas não atribuiu grau de gravidade. Tratou muito seriamente o ocorrido.

6) Ouve um rápido retorno da empresa e dos envolvidos para tomadas de ações para solucionar o problema?

Houve sim. Tanto por parte da empresa como dos envolvidos no processo.

4. PROVIDÊNCIA PARA DIAGNÓSTICO DO PROBLEMA

Após a identificação e tomada de atitudes iniciais para conter o problema, gostaríamos que você descrevesse quais foram as recomendações, ensaios e métodos de diagnóstico, profissionais envolvidos e outros aspectos técnicos (de forma cronológica que esse fatos foram acontecendo). Em seu relato, abordar os seguintes aspectos:

1) Qual a primeira iniciativa para obter o diagnóstico do problema?

Solicitar a empresa de controle tecnológico o rompimento dos outros corpos de prova deste trecho.

Em todo caminhão de concreto são moldados 4 corpos de prova. 2 para rompimento com 7 dias (para liberar a protensão) e 2 para 4

Rompimento com 28 dias. somente 1 é rompido e o outro fica para contra prova.

E foi o que aconteceu. a obra solicitou o rompimento, do outro corpo de prova.

a empresa que fornece o concreto, também molda corpos de prova de alguns carros(desse carro específico foi moldado); também foi solicitado o resultado do rompimento deles.

2) Quais responsáveis foram chamados para solucionar?

Alguns profissionais responsáveis por projeto e execução foram chamados na obra, para termos uma reunião sobre o ocorrido para que todos tivessem conhecimento do ocorrido.

Engenheiro Civil da empresa responsável pela execução da estrutura

Engenheiro civil responsável por serviços de protensão

Engenheiro Civil da fornecedora de concreto.

Professor e Engenheiro Civil, especialista em materiais e componentes da construção civil e consultor da empresa.

Responsável técnico da empresa de tecnologia de concreto.

Calculista e projetista estrutura.

Coordenador e supervisor de obras, da empresa afetada.

3) Foi exigido ou apresentado documentos para confirmação do diagnóstico?

Sim. Resultados dos corpos de prova executados.

Nova extração de corpos de prova e novos rompimentos.

4) Quais ensaios foram realizados?

Ensaio de esclerometria e ensaio de rompimento de corpos de prova a compressão.

5. PROVIDÊNCIA DE REPARO E REFORÇO

Após uma série de análises para chegar ao diagnóstico, gostaríamos de saber quais envolvidos e quais medidas foram recomendadas e por quem, para que fosse executado o reparo do problema, abordando os seguintes aspectos:

1) O processo de reparo foi iniciado em curto ou demorado tempo após diagnóstico final?

Em curto prazo.

2) Ouve uma orientação de algum especialista na realização do reparo?

Houve orientação sim.

Tanto do calculista estrutural, como do professor consultor contratado pela empresa.

3) Ouve um monitoramento do processo de reparo? Por quem?

Houve monitoramento. Pela engenheira da obra e supervisor da empresa.

4) Qual foi tempo médio de duração do processo de reparo realizado?

15 dias.

5) Após a finalização do reparo, ouve outra vistoria técnica para aprovar e assegurar a estrutura?

Houve sim.

Após o rompimento de novo corpo de prova, e após a concretagem do trecho, foi feita a protensão dos cabos.

6. CONSEQUÊNCIAS DO OCORRIDO

Em uma obra, uma parte muito importante é a segurança e o impacto que ela gera em todos os envolvidos. Com isso gostaríamos que você descrevesse sobre quais consequências esse ocorrido gerou, de forma positiva e negativa, para todos os envolvidos (administração da obra, operários, diretoria e futuros clientes do empreendimento). Em seu relato, abordar os seguintes aspectos:

1) Após o problema solucionado, houve alguma reação negativa dos trabalhadores da obra em relação a segurança e estabilidade da estrutura?

Não houve nenhum impacto negativo. a administração não teve conhecimento, caso tenha tido.

Acredito que devido as providências terem sido tomadas de imediato para resolução do ocorrido.

2) Após o problema solucionado, houve alguma reação negativa dos futuros clientes do edifício em relação a segurança e estabilidade da estrutura?

Não houve.

3) Ouve alguma nova exigência vindo a diretoria da empresa, afim de evitar problemas futuros? Se sim, essas exigências foram eficazes?

Houve solicitação para que todo o processo até a concretagem fosse acompanhado com mais rigor pela engenheira.

4) Ouve alguma mudança no processo de execução das posteriores lajes após esse ocorrido?

Houve mudança no recebimento dos serviços de terceiros. onde há muito mais rigor.

7. VISÃO ATUAL DO PROBLEMA

E por fim, gostaríamos que você descrevesse sua visão atual do problema, depois dele ter passado e tudo ter sido resolvido com eficácia e segurança. Visto que não é um problema constante em estruturas protendidas, de certa maneira esse problema trouxe uma experiência única. Com isso, qual alerta você poderia apresentar para outros profissionais que possam vir a se deparar com essas ocorrências em suas obras? Responder abordando os seguintes aspectos:

1) Qual foi a maior dificuldade que você encontrou no lado pessoal e profissional com esse ocorrido?

As dificuldades foram do lado profissional, pois me cobrava que não havia feito um recebimento de serviço com rigor suficiente e a preocupação de não ter seguido as normas sem a devida inspeção dos cabos e armaduras antes da concretagem (e posteriormente descobrimos que não aconteceu sinistro na inspeção), ou o alongamento não tenha sido executado corretamente, além do temor de ter acontecido algum acidente com algum funcionário.

2) E qual sua visão hoje após todo esse processo do problema em questão?

Entendo que cada detalhe faz diferença no processo de execução. É necessário rigor em todas as etapas. Conhecer o processo executivo e sua importância no contexto da obra. Uma das coisas mais importantes de uma obra é a concretagem e tudo que lhe envolve.

3) O que você poderia descrever com a experiência de vivência desse problema para outros profissionais que possam vir a se deparar com o mesmo problema?

Rigor desde a contratação das empresas que executarão os serviços, visto que todo o processo é feito por terceirizados. Se certificando sempre de que os profissionais entendem o processo e são qualificados para o serviço.

Supervisionar e treinar bem a equipe da obra para fazer o acompanhamento de todo o processo.

Como a obra tinha todos os detalhes registrados (isso é muito importante), desde a inspeção de cada etapa detalhadamente, foi fácil identificar o carro de concretagem (para romper os outros corpos de prova), os trechos exatos onde não passavam cabos e pôde fazer a extração das contra provas de concreto, e fazer o rompimento verificando seu fck.

Isso tudo gerou confiança e agilizou o processo de correção.

É importante ter uma relação de confiança entre todos os envolvidos para que tudo possa ser solucionado de forma rápida e adequado.

APÊNDICE C – ENTREVISTA 1 – ADMINISTRATIVA PARA SINISTRO 2**Entrevista administrativa para Estudo de Caso – Deslocamento de cordoalha em prédio residencial em Fortaleza/CE**

Estamos realizando uma pesquisa a respeito de sinistros em processo de protensão em lajes maciças em concreto, e escolhemos como estudo de caso dois eventos ocorridos em edificação residencial executada por sua empresa. Essa pesquisa visa coletar dados para trabalho de conclusão de curso, que objetiva desmistificar o uso de protensão e os receios por problemas de execução, auxiliando no processo de tomada de decisão com relação ao seu uso em futuros empreendimentos. Pedimos sua colaboração na pesquisa, respondendo aos questionamentos a seguir de forma clara e sincera.

1. DESCRIÇÃO DO OCORRIDO

Sabemos que durante a execução da estrutura da edificação em estudo, houve um sinistro no processo de protensão em lajes maciças em concreto protendido. Por você possuir papel administrativo na empresa quando ocorreu esse evento, gostaríamos que você descrevesse, com suas palavras, o ocorrido, abordando os seguintes aspectos:

1) Onde você estava quando ocorreram?

Não tenho como saber, pois o problema só foi identificado dia depois de ter acontecido.

2) Como você ficou sabendo dos ocorridos?

Eu mesmo passei pelo local e vi o problema.

3) Quais foram as primeiras impressões visuais e auditivas dos ocorridos?

No primeiro momento imaginamos tratar-se de problemas com as elevações de cabos que por algum motivo não estavam de acordo com o projeto.

4) Qual foi a primeira fonte de registro dos ocorridos?

Através de fotos.

2. PROVIDÊNCIAS TOMADAS INICIALMENTE

Sabemos que algumas providências precisaram ser tomadas de prontidão devido à complexidade dos problemas. Gostaríamos que você descrevesse que providências foram essas, englobando na descrição os seguintes aspectos:

1) Qual a primeira providência inicial foi tomada em relação a segurança, no local e em torno do ocorrido?

Escoramento do local e isolamento da laje.

2) Ouve alguma dificuldade para essa tomada de providência inicial?

Não, apesar de passar um período sem escoramento, a alvenaria no nível inferior a laje já havia sido executada.

3. DIFICULDADE AO LIDAR COM O PROBLEMA

Sabemos que esse ocorrido foi um problema inédito para a obra. Com isso gostaríamos que você detalhasse as dificuldades em todo o processo, desde o entendimento do problema, até sua resolução, assim como no posicionamento como gestora da obra para a empresa. Em seu relato, abordar os seguintes aspectos:

1) Qual a primeira dificuldade apresentada diante do problema? E a maior de todas as dificuldades no processo como um todo?

Ter que demolir um serviço executado e pago que era a alvenaria. Reunir os responsáveis pelos serviços envolvidos na laje e bem como especialistas no assunto e encontrar a origem e o responsável pelo problema.

2) Ouve alguma dificuldade em contatar os envolvidos do problema?

Para entrar em contato não, mas cada um procurou se abster da culpa.

3) Como a empresa foi informada do ocorrido?

Através da equipe administrativa.

4) Qual a reação da empresa com a notícia?

De surpresa, pois se trata de um problema estrutural que é fundamental para o bom andamento da obra.

5) Qual o nível de gravidade que a empresa atribuiu ao problema?

Alto.

6) Ouve um rápido retorno da empresa e dos envolvidos para tomadas de ações para solucionar o problema?

Após a reunião para informar aos responsáveis pelo problema, logo em seguida já se iniciou a programação para o reparo da laje.

4. PROVIDÊNCIA PARA DIAGNÓSTICO DO PROBLEMA

Após a identificação e tomada de atitudes iniciais para conter o problema, gostaríamos que você descrevesse quais foram as recomendações, ensaios e métodos de diagnóstico, profissionais envolvidos e outros aspectos técnicos (de forma cronológica que esses fatos foram acontecendo). Em seu relato, abordar os seguintes aspectos:

1) Qual a primeira iniciativa para obter o diagnóstico do problema?

Buscar um especialista no assunto, no caso o próprio calculista.

2) Quais responsáveis foram chamados para solucionar?

A empresa responsável pela protensão.

3) Foi exigido ou apresentado documentos para confirmação do diagnóstico?

Não.

4) Quais ensaios foram realizados?

Revisão dos ensaios de compressão de corpo de prova da laje em questão.

5. PROVIDÊNCIA DE REPARO E REFORÇO

Após uma série de análises para chegar ao diagnóstico, gostaríamos de saber quais envolvidos e quais medidas foram recomendadas e por quem, para que fosse executado o reparo do problema, abordando os seguintes aspectos:

1) O processo de reparo foi iniciado em curto ou demorado tempo após diagnóstico final?

Curto espaço de tempo.

2) Ouve uma orientação de algum especialista na realização do reparo?

Sim, do próprio calculista.

3) Ouve um monitoramento do processo de reparo? Por quem?

Sim, pelo mestre e tec. em edificações.

4) Qual foi tempo médio de duração do processo de reparo realizado?

7 dias.

5) Após a finalização do reparo, ouve outra vistoria técnica para aprovar e assegurar a estrutura?

Sim, do coordenador de obras e da engenheira da obra, que verificaram não só após a finalização do processo, mas durante.

6. CONSEQUÊNCIAS DO OCORRIDO

Em uma obra, uma parte muito importante é a segurança e o impacto que ela gera em todos os envolvidos. Com isso gostaríamos que você descrevesse sobre quais consequências esse ocorrido gerou, de forma positiva e negativa, para todos os envolvidos (administração da obra, operários, diretoria e futuros clientes do empreendimento). Em seu relato, abordar os seguintes aspectos:

1) Após o problema solucionado, houve alguma reação negativa dos trabalhadores da obra em relação a segurança e estabilidade da estrutura?

Não.

2) Após o problema solucionado, houve alguma reação negativa dos futuros clientes do edifício em relação a segurança e estabilidade da estrutura?

Não.

3) Houve alguma nova exigência vindo a diretoria da empresa, afim de evitar problemas futuros? Se sim, essas exigências foram eficazes?

Apenas mais atenção no momento da execução e conferência do serviço.

4) Houve alguma mudança no processo de execução das posteriores lajes após esse ocorrido?

Não.

7. VISÃO ATUAL DO PROBLEMA

E por fim, gostaríamos que você descrevesse sua visão atual do problema, depois dele ter passado e tudo ter sido resolvido com eficácia e segurança. Visto que não é um problema constante em estruturas protendidas, de certa maneira esse problema trouxe uma experiência única. Com isso, qual alerta você poderia apresentar para outros profissionais que possam vir a se deparar com essas ocorrências em suas obras? Responder abordando os seguintes aspectos:

1) Qual foi a maior dificuldade que você encontrou no lado pessoal e profissional com esse ocorrido?

No lado pessoal não houve dificuldades, e no lado profissional também não, visto que os operários responsáveis pela execução do serviço aceitaram bem a instrução de maior atenção no trabalho executado.

2) E qual sua visão hoje após todo esse processo do problema em questão?

É preciso ter bastante atenção com processos que tem consequências maiores caso o serviço seja displicente, o treinamento também é fundamental para qualquer que seja o serviço.

3) O que você poderia descrever com a experiência de vivencia desse problema para outros profissionais que possam vim a se deparar com o mesmo problema?

Exigir de seus comandados e de si mesmo cuidado e atenção na hora da execução e da conferencia do serviço, por maior que seja o cuidado, em qualquer descuido os problemas podem surgir.

APÊNDICE D – ENTREVISTA 2 – ADMINISTRATIVA PARA SINISTRO 2**Entrevista administrativa para Estudo de Caso – Deslocamento de cordoalha em prédio residencial em Fortaleza/CE**

Estamos realizando uma pesquisa a respeito de sinistros em processo de protensão em lajes maciças em concreto, e escolhemos como estudo de caso dois eventos ocorridos em edificação residencial executada por sua empresa. Essa pesquisa visa coletar dados para trabalho de conclusão de curso, que objetiva desmistificar o uso de protensão e os receios por problemas de execução, auxiliando no processo de tomada de decisão com relação ao seu uso em futuros empreendimentos. Pedimos sua colaboração na pesquisa, respondendo aos questionamentos a seguir de forma clara e sincera.

1. DESCRIÇÃO DO OCORRIDO

Sabemos que durante a execução da estrutura da edificação em estudo, houve um sinistro no processo de protensão em lajes maciças em concreto protendido. Por você possuir papel administrativo na empresa quando ocorreu esse evento, gostaríamos que você descrevesse, com suas palavras, o ocorrido, abordando os seguintes aspectos:

1) Onde você estava quando ocorreram?

Não cheguei a ver quando ocorreu.

2) Como você ficou sabendo dos ocorridos?

Um funcionário ia passando, viu e foi avisar a engenharia.

3) Quais foram as primeiras impressões visuais e auditivas dos ocorridos?

Não ouvimos nada. nada nos chamou atenção. mas visualmente parecia com o rompimento anterior, porém ocorreu no meio do vão e não da extremidade.

4) Qual foi a primeira fonte de registro dos ocorridos?

Fotos.

2. PROVIDÊNCIAS TOMADAS INICIALMENTE

Sabemos que algumas providências precisaram ser tomadas de prontidão devido à complexidade dos problemas. Gostaríamos que você descrevesse que providências foram essas, englobando na descrição os seguintes aspectos:

1) Qual a primeira providência inicial foi tomada em relação a segurança, no local e em torno do ocorrido?

Fazer escoramento de todo o trecho e isolamento do local.

2) Ouve alguma dificuldade para essa tomada de providência inicial?

Não houve dificuldade.

3. DIFICULDADE AO LIDAR COM O PROBLEMA

Sabemos que esse ocorrido foi um problema inédito para a obra. Com isso gostaríamos que você detalhasse as dificuldades em todo o processo, desde o entendimento do problema, até sua resolução, assim como no posicionamento como gestora da obra para a empresa. Em seu relato, abordar os seguintes aspectos:

1) Qual a primeira dificuldade apresentada diante do problema? E a maior de todas as dificuldades no processo como um todo?

A primeira dificuldade foi saber qual dia isso possa ter acontecido, pois como não foi escutado barulho, foi difícil determinar a data precisa.

A maior de todas as dificuldades foi a troca do cabo de protensão.

2) Ouve alguma dificuldade em contatar os envolvidos do problema?

Não houve.

3) Como a empresa foi informada do ocorrido?

Por ligação.

4) Qual a reação da empresa com a notícia?

Marcou visita para verificar o ocorrido imediatamente.

5) Qual o nível de gravidade que a empresa atribuiu ao problema?

Não foi atribuído nível de gravidade. mas foi tratado a todo momento como algo grave.

6) Ouve um rápido retorno da empresa e dos envolvidos para tomadas de ações para solucionar o problema?

Houve sim.

4. PROVIDÊNCIA PARA DIAGNÓSTICO DO PROBLEMA

Após a identificação e tomada de atitudes iniciais para conter o problema, gostaríamos que você descrevesse quais foram as recomendações, ensaios e métodos de diagnóstico, profissionais envolvidos e outros aspectos técnicos (de forma cronológica que esses fatos foram acontecendo). Em seu relato, abordar os seguintes aspectos:

1) Qual a primeira iniciativa para obter o diagnóstico do problema?

Contatar a empresa de protensão e solicitar a visita do calculista.

2) Quais responsáveis foram chamados para solucionar?

O responsável técnico da empresa de protensão e engenheiro calculista.

3) Foi exigido ou apresentado documentos para confirmação do diagnóstico?

Não.

4) Quais ensaios foram realizados?

Não.

5. PROVIDÊNCIA DE REPARO E REFORÇO

Após uma série de análises para chegar ao diagnóstico, gostaríamos de saber quais envolvidos e quais medidas foram recomendadas e por quem, para que fosse executado o reparo do problema, abordando os seguintes aspectos:

1) O processo de reparo foi iniciado em curto ou demorado tempo após diagnóstico final?

Foi imediatamente iniciado, após a visita do calculista que deu as orientações.

2) Ouve uma orientação de algum especialista na realização do reparo?

Sim, do engenheiro calculista.

3) Ouve um monitoramento do processo de reparo? Por quem?

Sim, da engenharia da obra.

4) Qual foi tempo médio de duração do processo de reparo realizado?

Cerca de 25 dias. Pois foi preciso encomendar os cabos de protensão para troca do cabo rompido.

5) Após a finalização do reparo, ouve outra vistoria técnica para aprovar e assegurar a estrutura?

Houve monitoramento. Pela engenheira da obra.

6. CONSEQUÊNCIAS DO OCORRIDO

Em uma obra, uma parte muito importante é a segurança e o impacto que ela gera em todos os envolvidos. Com isso gostaríamos que você descrevesse sobre quais consequências esse ocorrido gerou, de forma positiva e negativa, para todos os envolvidos (administração da obra, operários, diretoria e futuros clientes do empreendimento). Em seu relato, abordar os seguintes aspectos:

1) Após o problema solucionado, houve alguma reação negativa dos trabalhadores da obra em relação a segurança e estabilidade da estrutura?

Não houve. Não que a engenharia tivesse tomado conhecimento.

2) Após o problema solucionado, houve alguma reação negativa dos futuros clientes do edifício em relação a segurança e estabilidade da estrutura?

Não.

3) Houve alguma nova exigência vindo a diretoria da empresa, afim de evitar problemas futuros? Se sim, essas exigências foram eficazes?

Solicitado rigor no recebimento dos terceiros.

4) Houve alguma mudança no processo de execução das posteriores lajes após esse ocorrido?

Uma atenção maior em todo o processo de execução.

7. VISÃO ATUAL DO PROBLEMA

E por fim, gostaríamos que você descrevesse sua visão atual do problema, depois dele ter passado e tudo ter sido resolvido com eficácia e segurança. Visto que não é um problema constante em estruturas protendidas, de certa maneira esse problema trouxe uma experiência única. Com isso, qual alerta você poderia apresentar para outros profissionais que possam vir a se deparar com essas ocorrências em suas obras? Responder abordando os seguintes aspectos:

1) Qual foi a maior dificuldade que você encontrou no lado pessoal e profissional com esse ocorrido?

Pelo lado profissional foi imaginar em que momento cabo havia rompido e o por que de ter rompido após muitos dias da protensão.

2) E qual sua visão hoje após todo esse processo do problema em questão?

A observância a todos os detalhes do projeto bem antes da execução dos serviços para que as dúvidas possam ser sanadas antes do início dos serviços.

3) O que você poderia descrever com a experiência de vivencia desse problema para outros profissionais que possam vim a se deparar com o mesmo problema?

Antes de iniciar qualquer serviço devem-se entender profundamente os projetos e não deixar de tirar dúvidas com cada projetista, cada envolvido na execução do projeto e serviço. Ter a certeza se quem vai executar entende o projeto, assim como quem vai receber o serviço, seja, mestre, encarregado ou estagiário.

APÊNDICE E – ENTREVISTA TÉCNICA PARA SINISTRO 1 E 2



Entrevista Técnica para Estudo de Caso – Deslocamento de cordoalha em prédio residencial em Fortaleza/CE

Estamos realizando uma pesquisa a respeito de sinistros em processo de protensão em lajes maciças em concreto, e escolhemos como estudo de caso um evento ocorrido em uma edificação residencial executada por sua empresa. Essa pesquisa visa coletar dados para trabalho de conclusão de curso, que objetiva desmistificar o uso de protensão e os receios por problemas de execução, auxiliando no processo de tomada de decisão com relação ao seu uso em futuros empreendimentos. Pedimos sua colaboração na pesquisa, respondendo aos questionamentos a seguir de forma clara e sincera.

1. SINISTROS EM PROCESSOS DE PROTENSÃO

Sabemos que a empresa A é uma empresa especialista em protensão atuante no mercado há muito tempo. Tendo se especializado no tipo de protensão não aderente, e com essa experiência conquistada ao longo dos anos de atuação, responder aos itens abaixo:

1) De maneira resumida, quais os benefícios trazidos pelo sistema de protensão não aderente às edificações de múltiplos pavimentos?

Bom, o sistema de protensão é leve, não utiliza equipamentos pesados, para os equipamentos pesados que são os tensionadores, existem aparos mais pesados para que sejam trabalhados em conjunto e com isso exige no mínimo três pessoas.

No sistema não aderente, trabalha apenas com o equipamento de macaco hidráulico e com um único funcionário. Isso é uma grande vantagem, e usando essa técnica a mão de obra finaliza na tensão já que não existe uma operação posterior como o da protensão aderente, que existe a injeção após a cura do concreto.

2)Dentre as limitações, quais as sinistros ocorridas em processos de protensão, relacionadas aos materiais empregados, projetos e execução da estrutura?

Material: sinistros em materiais são pequenas ou quase nulas, pois todos os materiais passam por um rigoroso controle de qualidade, verificando lote e sua determinada identificação. Outros problemas comuns de acontecer, é necessária uma manutenção periódica nos materiais, pode acontecer uma deformação no bico e com isso comprometer os cabos no ato da protensão, causando um retorno dos cabos, por isso é feito um o controle dos alongamentos de cada faixa de cabos e a equipe de corte que verifica tudo novamente. Esses alongamentos são arquivados em relatórios e levados para o escritório da empresa onde passa por outra verificação.

Protejo: sinistros em projetos não são comuns de acontecer, mas existem, porém sempre é feito varias revisões nos cortes, detalhamento nas tabelas e os erros mais comuns de projeto são dimensões erradas, como um comprimento digitado errado, onde um profissional capacitado observa facilmente esse erro e logo em seguida é reparado.

Execução: sinistros em execução são as mais comuns de acontecer, a principal delas é o adensamento do concreto, esse sinistro é identificado após a cura do concreto, pois a protensão é um “teste” feito no local da laje de concreto, como se fosse um rompimento de laboratório, onde na hora que os cabos empregados na laje serão protendidos e se o concreto não estiver bem adensado nas bordas das ancoragens o concreto quebra e causa sinistros em todo sistema de protensão. Outro sinistro muito comum ocorre devido a presenças de “bexigas” no concreto, que só podem ser identificadas na etapa da desforma, esses sinistros causados devido à má vibração do concreto podem ser causadores de ruptura de cordoalhas.

Em relação à protensão, em todas as obras existe uma equipe de conferência em todas as etapas, conferindo as curvaturas dos cabos, as alturas máximas e mínimas, e cada vez mais desenvolvendo materiais mais resistentes, como as cadeirinhas, que quebram com facilidade e com isso compromete o posicionamento das cordoalhas, a empresa A trabalha na montagem de projeto na execução, qualquer mudança a confere tudo novamente.

3)É possível fazer uma estimativa da frequência com que sinistros em sistema de protensão acontecem, sejam elas grandes ou pequenas?

Não é possível determinar, os sinistros mais presentes são causados pela concretagem. Por que o sistema de protensão é simples e automático, e com isso é possível ter total controle das etapas que diz respeito ao sistema de protensão, com isso resulta no mínimo de sinistros. No começo da empresa A aconteceu falta de limpeza no nincho, a cunha sujava de areia e com isso fazer a proteção, isso acontece com equipe sem experiência.

4)Sabendo que a empresa já presenciou casos de sinistros no sistema de protensão, você poderia descrever alguns desses casos?

O histórico de sinistros mais presentes é sinistros na concretagem, cliente fez furos na laje não previstos em projetos, como por exemplo, já tivemos casos de furos feitos com serra copo para reabertura de passagem, uso de *parabolts*, reabertura de shafts, cliente visualiza projeto de forma errada, e com isso causando sinistros em todo sistema de protensão.

Para cada sinistro ocorrido fazem-se registros, onde é feito toda uma análise para investigar os sinistros e projetos, e com isso os possíveis problemas são registrados nas pastas, onde cada obra tem uma pasta separada. São realizadas reuniões semanais na empresa com responsáveis de cada obra para analisar pontos e um desses pontos é descrito os sinistros, as reuniões acontecem de acordo com a demanda, para ter total conhecimento de sinistros ou materiais. Porém se for um caso simples é informado e por telefone, pela praticidade de registros e contatos, quando acontece algo mais grave, não possui um protocolo de registro específico, é tratado como caso isolado e resolvido o mais rápido possível.

E com relação ao estudo de caso do presente trabalho, que foi um rompimento de cordoalha em edifício residencial em Fortaleza/CE, gostaríamos de saber:

1) Qual foi a primeira tomada de decisão da empresa para identificar e obter total conhecimento sobre a sinistro ocorrida?

Foram convocados para o local do ocorrido os funcionários mais antigos para analisar o problema, e investigar o porquê ocorreu, o funcionário extrai a ponta que quebrou, tira fotos, para obter maior conhecimento sobre o sinistro.

(A empresa A, possui projetos fáceis e com isso tem o objetivo de baratear a protensão e transformar a empresa futuramente em uma consultora, onde o próprio cliente irá executar o sistema de protensão e procurar à empresa A para consultorias e treinamentos sobre o sistema).

2. PROCEDIMENTOS DE DIAGNÓSTICO EM PROTENSÃO

Sabemos que algumas providências precisaram ser tomadas de prontidão devido à complexidade dos problemas.

E com relação ao estudo de caso do presente trabalho, que foi um rompimento de cordoalha em edifício residencial em Fortaleza/CE, gostaríamos de saber:

1)Quais são os procedimentos tomados inicialmente para identificar a sinistro na protensão?

Identificar o tipo de protensão, consultar a pasta de alongamentos da obra e identificar o profissional que executou.

(Chute pode afastar alguns cm a cordoalha, existe uma tolerância pra esses problemas, paciência pra ter cuidado com as medidas, acontece muitos desvios devido no dia a dia da obra).

2)Quais as medidas tomadas para chegar á um diagnóstico da causa do problema?

Identificar o tipo de protensão, consultar a pasta de alongamentos da obra e identificar o profissional que executou.

(Trabalho em conjunto com a concretagem, a empresa A trás velocidade e todos ganham, é uma vantagem).

3)Como solucionar o problema? Essas etapas podem ser descritas?

Bom, com o rompimento, a cordoalha imediatamente volta ao seu tamanho original., na maioria do casos o cabo “saca” , sai a pontinha, isso cabo rompe e você escuta o estrondo, 15 toneladas que ele foi submetido, mas com a cravação vai pra uma carga de 12..13 toneladas.

- visita com engenheiro pra analisar o rompimento, pessoa com experiência.

- arranca o cabo, a capa que adentre ao concreto não sai, quando arranca coloca o cabo em cima da laje pra mostrar a posição do projeto e ver onde rompeu.

- e difícil ver onde quebrou por que já estava bem acabado

- começa a ver a deformação do concreto e com isso vai quebrando o concreto ate identificar onde rompeu.

- *sacar capo e reprotender (padra)*
- *pode protender de ponta a ponta ou pode abrir um pouco mais fazendo uma luva de união e troca só a parte que quebrou pra frente pra ter ponta de protensao pra frente, porem os resto que ficou está perdido, mas precisa o ponto que rasgou na laje tem que ter o espaço pra luva correr, rasgo pra fazer o caminho da luva na hora que for protender*
- *Não faz isso quando a obra tiver em acabamento pra não quebrar piso*
- *Em acabamento tira todo o cabo*
- *O cabo restante permanece protendido, porem e mais barato trocar cabo do que a luva, por que a luva é usinada e custam 400 reais e a mão de obra e mais cara, rasga laje.*
- *Depende muito do problema que ocorre.*
- *Cabo protendido e cortado, faz um acesso ao nicho de protensão e colocar calor para causar uma “sangria” para arrancar o cabo e leva esses cabos pra sucata e entrega novos cabos pro cliente.*

3. PROCEDIMENTOS DE REPARO E REFORÇO

Após a identificação dos sinistros e encontrados o diagnóstico. Gostaríamos que fosse descrito o processo para que o reparo possa ser iniciado. Em seu relato em relação ao estudo de caso do presente trabalho, que foi um rompimento de cordoalha em edifício residencial em Fortaleza/CE, gostaríamos de saber:

1)Quais exigências a empresa especialista declara para a empresa responsável da obra, para que seja possível o reparo da estrutura?

Acontece que o atendimento da a empresa A é sempre amigável e sempre solicita com o cliente e com isso esta disposta em ajudar, a empresa A não cobra nada amais e nada a menos o serviço da reposição dos cabos, custo do cabo, custo da luva, tempo do macaco, diária do funcionário, faz um orçamento e manda pro cliente. Maioria dos cabos passa para o cliente de forma preliminar, para negociar o valor e executar o reparo. Se cliente tiver funcionário já diminui o orçamento, alimentação e tudo, cobra do cliente, não existe plano de lucro em cima disso, o pensamento e reposicionar e qualidade.

Alguns casos quanto tem muitos reparos, e sai caro, a empresa A vai repondo e no final faz o custo real contando com esses reparos.

2)Quais responsáveis são convocados pela empresa especialista para solucionar o problema?

Equipe e treinada pra todas as ocasiões, preparo, montagem, limpeza, protensão, tirar alongamento, porem a parte de corte com maçarico é um serviço bônus pra Fortaleza, pois os outros concorrentes não cortam o cabo, esse trabalho é específico do maçariqueiro. Porém maçariqueiro fazem todas as atividades.

Equipe de conserto vai os mais antigos, encarregado, ajudante profissional de protensão, ferreiro, mais antigo e mais desenrolado.

3)A empresa especialista apresenta documentos para confirmação do diagnóstico?

Na parte de conserto não exige, porem é revisado a planilha de alongamentos e analisa todos os alongamentos e ver o do cabo que quebrou e se tiver dentro do parâmetro, partem para o reparo.

4)Existe uma espécie de manual desenvolvido, por ser uma empresa experiente no mercado, que possa servir de orientação para as sinistros mais comuns?

Sobre sinistros não, existe manual de treinamento, materiais, problemas e soluções não.

5)Quais foram os processos executados pela empresa para realizar o reparo e reforço da estrutura em questão?

Acavalamento é a mais suave, deslocamento, quando tem curva ela pede distancia de 5cm, cabo puxou e veio acavalando e com isso houve aumento de volume e expulsou o concreto e causou deslocamento.

Reparo pra não perder a laje, quebrou uma parte e trocou a cordoalha, por que a ponta já estava protegida e com, abrindo concreto de forma bem cuidadosa pra passar o cabe no canto certo usando sistema de grampeamento, fazendo uma virada em U com o diâmetro do cabo, vira o U com 2 cm e fura a laje e grampeia na laje, para grampear usa furadeira e com broca e coloca o grampo a, passava cola , depois de limpar e coloca o grampo.

Concreto em volta e tirou e relocou corretamente, quando viu que dava pra ficar no lugar e respeitando os 5m de distancia, colocou de volta e fez o grampeamento e fez furos por cima e faz preenchimento com graute.

Sofreu desprotensão por que saiu da posição que ele estava tensionado em Y, quando ele desobedeceu a essa posição ele perdeu protensão e com isso a força de tensão estava inferior do que inicialmente, se só tivesse quebrado concreto e cabo

não saiu do lugar, por algum motivo ele só expulsou concreto só refaz concretagem, nesse caso ouve perca de protensao e com isso precisou refazer a protensao.

Na foto foi tirado todos os cabos trocados novamente e faz todo sistema de protensao novamente e protendeu novamente.

4. GARANTIAS E MANUTENÇÕES

1)Após uma série de análises para chegar ao diagnóstico, e execução de reparo e reforço da estrutura que sofreu um sinistro na protensão, qual a garantia que a empresa emprega com um comprometimento em relação a segurança e estabilidade da estrutura, assim como uma forma de se resguardar?

De modo geral a empresa A emite um contrato e acordo com a execução, existe relatório de alongamento ao final de cada laje, algumas obras faz a projeção da laje e feito relatório ao final de 100% da laje.

Em alguns casos, os clientes são antigos, e isso já caiu no costume e nos novos clientes e mandado uma carta de fim de obra, que contém apresentação de tudo que foi realizado e certificando tudo de acordo com projeto, e corte e tudo de forma amigável. Não existe nenhuma amarração em relação à norma, é de forma mais amigável. Não existem procedimentos de qualidades formais, cabo quebrou não existe uma formalidade, é usado mais pasta em computador, e-mails. Acontece um sinistro nessa formação de documentos, em relação a controle de qualidade, na empresa A é algo mais amigável e sem formalidades.

Em Recife existe a ISO, em fortaleza não tem direção não apresentou interesse.

Existe uma relação com os clientes antigos e inibe essas formalidades com relação a ISO, por ser uma empresa antiga e que tem a imagem de uma boa qualidade.

Caracas sempre teve medo da execução, e com aumento das obras ele começou a controlar mais e recuar por que esse crescimento causa problemas pela falta de controle, então ele começou a recuar e focar mais em Fortaleza e garantir a qualidade. Sempre a preocupação com a qualidade da protensão. Obra resolve na Obra.

Precisa de uma certificação pra ser aceito em outros locais que ele não era tão conhecido.

2) Existe um protocolo de manutenção? E se sim, quais os requisitos desse protocolo.

Não existe, ter que ir reprotender o cabo, por que a ponta e cortada, grautiada, fachada acabada, quando a ponta sai dentro da laje e mais perigoso, então a protensao tem uma perca efetiva já determinada em projeto. Não existe protocolo pra pós, o que pode a ver é em casos atípicos, cliente ter feito algo de errado e exigir reparo.

No caso de incêndio foi necessário trocar a cordoalha por conta do fogo.

Como exemplo também, um shopping situado na cidade Fortaleza, possuía 4 cabos com aderência e foi feito varias aberturas de escadas rolantes e faz todo um procedimento especializado.