

**INSTITUTO DOCTUM DE EDUCAÇÃO E
TECNOLOGIA**

**JOSÉ PAULO PEREIRA E SILVA
JULIERME SILVA BENDIA**

**PATOLOGIAS EM OBRAS DE CONCRETO
PROTENDIDO**

**BACHARELADO
EM
ENGENHARIA CIVIL**

**DOCTUM-MINAS GERAIS
2015**

**JOSÉ PAULO PEREIRA E SILVA
JULIERME SILVA BENDIA**

**PATOLOGIAS EM OBRAS DE CONCRETO
PROTENDIDO**

Monografia apresentada a banca examinadora do curso de Engenharia Civil do Instituto Tecnológico de Caratinga como requisito parcial para obtenção do título de bacharel de Engenharia Civil.

Orientador: *José Salvador Alves*

**DOCTUM-CARATINGA
2015**

INDICE DE FIGURAS

| | |
|----------------|----|
| Figura 01..... | 13 |
| Figura 02..... | 14 |
| Figura 03..... | 16 |
| Figura 04..... | 16 |
| Figura 05..... | 17 |
| Figura 06..... | 18 |
| Figura 07..... | 21 |
| Figura 08..... | 22 |
| Figura 09..... | 22 |
| Figura 10..... | 31 |
| Figura 11..... | 32 |

INDICE DE TABELAS

| | |
|-----------------|----|
| Tabela 01 | 28 |
| Tabela 02 | 33 |

AGRADECIMENTO JOSE PAULO

Primeiramente agradecer a Deus que esteve comigo em toda essa jornada e me deu forças, me ergueu quando não aguentava mais, me mostrou que com muita luta, muito suor e algumas horas a menos de sono eu poderia chegar onde estou.

Meus pais, peças importantes comparados com uma estrutura de um edifício. Meus pais não são apenas os pilares que me sustentaram, foram o conjunto inteiro desde a fundação até a laje da cobertura. Todas as cargas e os problemas edificáveis eles me apoiaram e me seguraram.

Aos meus amigos da faculdade que passaram esses cinco anos comigo, aguentaram minhas enjunças, minhas pirraças e outras coisas. Eles sabem o que sinto pois sentem o mesmo gosto de uma vitória. Conseguir formar em uma área de respeito entre as outras. Por me ajudarem deixando copiar um trabalho ou em uma colinha nas provas, mas eles estão juntos e espero nunca deixar de tê-los como amigos-colegas.

Aos meus amigos que não são da faculdade, mesmo não entendendo nada de engenharia eles falavam: fica de boa, é fácil você consegue, eles que pensam, mas eles estavam ali final de semana com uma cerveja gelada para relaxar.

A Mariane que só entrou no meio do caminho, mas foi de grande ajuda, aguentando minhas reclamações de notas e falava que não podia me ajudar porque não sabia a matéria, mas mesmo assim me ajudava de um jeito que ela não percebia, mas ajudava.

A tia da cantina que vendia fiado para gente e que sempre brincava com a gente quando pedíamos pinga para esquecer as provas difíceis.

A tia Maria e tio Ademir que me deram um lar por esses cinco anos sem me cobrar nada e me tratando praticamente como um filho.

A toda família que com uma ou duas palavras ajudava bem pouquinho mas fez a diferença.

Ao Crea Minas Junior que me deu uma responsabilidade e mesmo na Coordenação a galera me ajudava e sabia que tempo eu não tinha, mas que estavam ali ajudando e trabalhando para tudo dar certo.

Agradeço por estar bem e não ter precisado ir para o hospício, porque para gostar de engenharia tem que ser doido mesmo.

AGRADECIMENTO JULIERME BENDIA

Agradeço primeiramente a Deus, que é a minha base para tudo.

A meus pais que sempre estiveram torcendo por mim em todo momento e sempre querendo o meu melhor.

Agradeço em especial à minha família, a começar pela minha linda esposa, Janaina, que sempre acreditou nos meus sonhos junto comigo e a meus filhos, Gabriel e Lavínia, que são o motivo de querer um futuro melhor.

RESUMO

O trabalho em questão expõe as patologias encontradas nas alvenarias de obras estruturais de concreto protendido observadas em algumas edificações. Essas patologias ocorrem na protensão podendo causar danos na estética e nos piores casos danos na estrutura. Nos prédios observados com a protensão, tem-se notado que o problema é maior nas suas últimas lajes, mas, não é nulo nas lajes inferiores. Tendo uma análise mais detalhada do problema e procurando buscar suas causas, vários pontos levam a pensar que esses problemas podem ser causados por erro de cálculo ou execução, materiais inferiores ao exigido em projeto, ou até mesmo falta de mão de obra específica para a tecnologia. Uma boa proposta é resolver os problemas encontrados, buscando alguns detalhes em projetos e métodos, materiais e técnicas, corrigir essas pequenas falhas, minimizar os custos, com isso colaborando para esse método que tem grandes vantagens para construção civil.

Palavras-chave: Concreto Protendido, Patologias, Construção

ABSTRACT

The work in question is exposing the pathologies found in the concrete and the observed in some buildings, these diseases occur in the prestressing which can damage the aesthetic and in the worst cases the damage to the structure. Buildings seen with prestressing, it has been noticed that the problem is greater in his last slabs, but is not null in the lower slabs. Having a more detailed analysis of the problem and trying to seek its causes, several points lead to think that these problems can be caused by miscalculation or execution, inferior materials to the required project, or even lack of manpower specifies for technology . A good one is to solve the problem created by this prestressing, seeking some details on projects and methods, materials and techniques, correct these minor flaws and makes that feasible method, with the improvement of this construction method has great advantages for construction.

Keywords: Prestressed Concrete, Pathologies , construction

SUMARIO

| | |
|--|----|
| INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 1. PROTENSÃO..... | 13 |
| 1.1. Protensão mecânica..... | 16 |
| 1.2. Protensão por meio de aquecimento da armadura..... | 17 |
| 1.3. Método preflex | 18 |
| 1.4. Patologias..... | 18 |
| 1.4.1. Trincas, fissuras e rachaduras..... | 20 |
| 2. PATOLOGIAS..... | 24 |
| 2.1. Definição..... | 24 |
| 2.2. Causas das patologias..... | 25 |
| 2.2.1. Problemas durante o processo: | |
| do projeto a utilização final..... | 25 |
| 2.2.2. Agentes causadores mecânicos..... | 27 |
| 2.2.3. Agentes causadores físicos..... | 27 |
| 2.3. Patologias em edifícios com a técnica de protensão..... | 28 |
| 2.4. Consequências patológicas..... | 28 |
| 3. SOLUÇÕES E CORREÇÕES..... | 30 |
| 3.1. Materiais..... | 30 |
| 3.2. Técnicas construtivas e de projeto..... | 34 |
| 3.3. Estudos alternativos..... | 35 |
| 3.4. Benefícios para engenharia..... | 35 |
| CONCLUSÃO..... | 36 |
| REFERÊNCIAS..... | 38 |

INTRODUÇÃO

Com um estudo aprofundado e uma atenção especial a protensão podemos sair ganhando e muito com essa técnica rápida e eficiente. Se os pequenos problemas forem sanados, pode-se tornar um método eficiente e econômico, podendo abrir horizontes de pesquisa para novos graduados que optem pela área de trabalho.

Edificações que tiveram patologias após sua execução e que o sistema utilizado foi o concreto protendido, encontraram-se trincas não convencionais no termino do acabamento em algumas partes junto à laje, contornando todo o perímetro da laje, alguns azulejos se quebraram pelo excesso da contra flecha, forro de gesso quebrado e alguns outros problemas. O foco é buscar uma solução para essas patologias que podem estar sendo gerados pela contra flecha excessiva da protensão.

As possíveis soluções dos problemas causados pela contra flecha excessiva pode ser possível a partir dos seguintes fundamentos: revisar bibliografia, estudar o método de protensão que levaria a um conhecimento mais aprofundado para melhorar as aplicações do mecanismo e conseqüentemente entender como o método é utilizado e quais os danos causados, assim definir que algumas técnicas e meios como utilização de equipamentos e/ou materiais para reduzir ou eliminar o efeito danoso da contra flecha excessiva nos elementos, e outros como apoiar a última laje da edificação deixando-a com uma certa liberdade de movimento sem danificar a estrutura, ou também utilizar materiais flexíveis para diminuir o efeito da tração na vedação e acabamento e assim evitar danos nas edificações próximo a sua finalização.

Atividades como: revisar bibliografia, selecionar conceitos, reunir projetos afins para analisar diferentes interpretações, farão parte de um grupo de objetivos caracterizados como cognitivos ou de construção da base teórica da pesquisa.

Um segundo grupo de atividades como correspondência com engenheiros estruturais e construtoras que utilizam o método construtivo estudado, observação de edificações danificadas, apresentarão o outro grupo de objetivos definidos como operacionais.

Estas atividades permitirão o acompanhamento da realidade operativa e cognitiva que marcarão as alterações do objetivo pesquisado, requerido pela hipótese dessa investigação.

Para detalhar os procedimentos adotados optou-se pela seguinte caracterização metodológica:

Durante todo processo a revisão bibliográfica terá como marca fundamental a proximidade com o Marco Teórico, isto feito para demarcação do que será constituído como referência básica e complementar.

A análise da reunião dos diferentes projetos terá como norte a síntese de novos fundamentos para o uso de protensão no concreto, tendo como padrão técnicas mais eficazes sustentadas pelo Marco Teórico requerido pela hipótese. O processo de revisão bibliográfica permitirá a estruturação teórica da hipótese.

A seleção das visitas, das entrevistas e das observações permitirão uma representação empírica quantitativa do corpo teórico, porque foram estruturadas sob a seguinte pauta de interesse em eliminar os problemas construtivos, ou o método de construção.

A monografia será composta por três capítulos. No primeiro será abordada uma introdução sobre o método, técnicas e problemas. No segundo a pesquisa se volta para o detalhamento dos problemas apresentados. No terceiro, com o intuito de fechamento e comprovação da hipótese trabalharemos sobre os seguintes enfoques com benefícios para o campo da construção civil e pesquisas futuras.

Capítulo I

1 PROTENSÃO

O termo protensão, segundo Hanai (2005) e de acordo com a figura 01, “transmite a ideia de se instalar um estado prévio de tensões em algo”¹. A protensão deve ser definida como um artifício para introduzir, numa estrutura, um estado prévio de tensões, de modo a melhorar sua resistência ou seu comportamento, sob ação de diversas solicitações.

Sabe-se que o concreto tem resistência a tração várias vezes inferior a compressão, assim a protensão tem uma importância particular no caso do concreto.

Figura-01 Exemplo de concretagem de uma laje



Fonte: (Acervo do autor)

¹ HANAI, João Bento de. **Fundamentos do concreto protendido**. São Carlos: EESC/USC, 2005, p. 07.

O concreto é um dos materiais de construção mais importante, os ingredientes para sua confecção são disponíveis e de baixo custo em todas as regiões da terra. “O concreto tem boa resistência a compressão, resistência de ordem de 200kgf/cm² (20Mpa) a 900kgf/cm² (90Mpa)”². O concreto tem pequena resistência à tração, da ordem de 10% da resistência de compressão. Além de pequena a resistência da tração do concreto não é confiável, além do fato de que quando o mesmo não é bem feito sua retração pode provocar fissuras, assim se torna necessário buscar medidas para diminuí-las.

A protensão poderia ser aplicada como um meio de evitar isso. A protensão é um meio de ganhar maiores vãos e conseqüentemente ter um menor número de pilares, é um método construtivo, como mostrado na figura 02, que tem um tempo de execução menor que o concreto armado.

Figura-02 Exemplo de uma laje protendida



Fonte: (Acervo do autor)

² PFEIL, Walter. **Concreto protendido**. Rio de Janeiro: Livros Teóricos e Científicos Editora LTDA, 1984, p. 01.

O processo de protensão pode ser realizado de três formas, obtendo o mesmo resultado, em cada forma temos um método de protensão:

Os momentos de tracionar são separados por antes e depois da concretagem da peça, se a tração for feita antes de concretar seria a pré-tracionada. E se for feita após a concretagem tendo a espera da cura do concreto se dá o nome de pós-tracionada.

Segundo Rodrigues:

O concreto protendido com aderência inicial (Armadura de protensão pré-tracionada). Aquele em que o estiramento da armadura de protensão é feito utilizando-se apoios independentes da peça, antes do lançamento do concreto, sendo a ligação da armadura de protensão com os referidos apoios desfeita após o endurecimento do concreto; a ancoragem realiza-se apenas por aderência³.

A pós-tracionada é obtida após a secagem do concreto, sendo ela com aderência posterior ou criada pelo estiramento. Rodrigues (2008)⁴ também nos apresenta que; “Concreto protendido sem aderência (Armadura de protensão pós-tracionada) é aquele obtido após o endurecimento do concreto, porém sem a aderência com o concreto criada após o estiramento”.

Segundo Rodrigues:

Concreto protendido com aderência posterior (Armadura de protensão pós-tracionada). Aquele em que o estiramento da armadura de protensão é feito após o endurecimento do concreto, utilizando-se como apoios partes da própria peça, criando-se posteriormente aderência com o concreto de modo permanente⁵.

A protensão é um esforço aplicado a uma peça de concreto, segundo Rodrigues (2008)⁶, “Concreto protendido pode ser definido como concreto submetido a um estado permanente de tensões internas”, com a finalidade de anular ou reduzir as tensões de tração, melhorando assim o comportamento da mesma, este estado prévio de tensão, introduzido na viga pela protensão, melhora o comportamento da mesma, não só para solicitação de flexão, mas também para solicitação de

³RODRIGUES, Glauco J. de O. **Concreto Protendido**. São Paulo: Editora São Paulo, 2008.p 3.

⁴_____. **Concreto Protendido**. São Paulo: Editora São Paulo, 2008.p 3.

⁵_____. **Concreto Protendido**. São Paulo: Editora São Paulo, 2008.p 3.

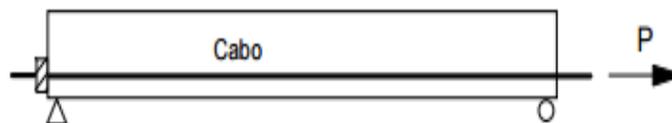
⁶_____. **Concreto Protendido**. São Paulo: Editora São Paulo, 2008.p 2.

cisalhamento. Entre vários processos de aplicação da protensão, o mais comum é por meio de cabos de aço, esticados e ancorados no concreto. Os cabos utilizados como armaduras protendidas tem resistência à tração variando entre 1500kgf/cm² 1900kgf/cm²

1.1 PROTENSÃO MECÂNICA

A protensão mecânica é aplicada através de macacos hidráulicos. Ela pode ser feita com a armadura pré-tracionada ou pós-tracionada.

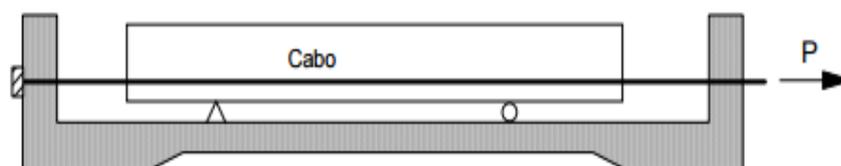
Figura 03 - Protensão com armadura pós-tracionada



Fonte: RODRIGUES, 2008. p. 4⁷

No caso da armadura pré-tracionada, o cabo é esticado e ancorado em apoios provisórios (Leito de protensão), como mostrado na figura 04. Em seguida, a viga é concretada e, após o endurecimento do concreto, o cabo é cortado. A transferência da força de protensão para a viga é feita através da aderência cabo/concreto.

Figura 04 – Protensão com armadura pre-tracionada



Fonte: RODRIGUES, 2008. p. 4⁸.

⁷RODRIGUES, Glauco J. de O. **Concreto Protendido**. São Paulo: Editora São Paulo 2008. p 4.

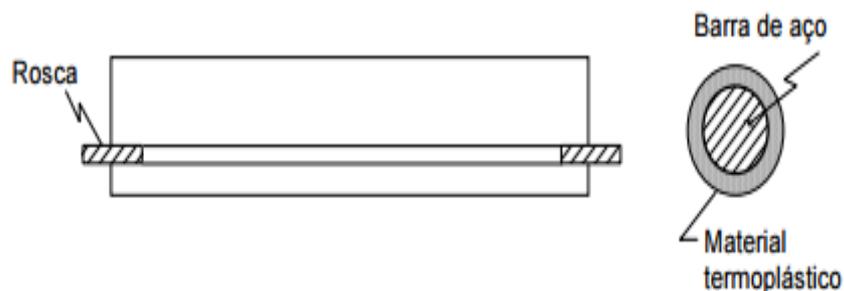
⁸_____. **Concreto Protendido**. São Paulo: Editora São Paulo 2008. p 4.

No caso da armadura pós-tracionada, como mostrado na figura 03, o cabo é esticado após o endurecimento do concreto, utilizando-se a própria viga como apoio definitivo para ancoragem do cabo. A protensão mecânica tem se revelado como a mais viável técnica e economicamente.

1.2 PROTENSÃO POR MEIO DE AQUECIMENTO DA ARMADURA

Neste método de protensão a barra de aço é envolvida por um material termoplástico (enxofre, ligas de baixo ponto de fusão). A peça é concretada com a barra no seu interior. Após o endurecimento do concreto, a armadura é aquecida por meio de uma corrente elétrica. A barra tem seu formato de acordo com a figura 05.

Figura 05 – Protensão por meio de aquecimento da armadura



Fonte: RODRIGUES, 2008. p. 5⁹.

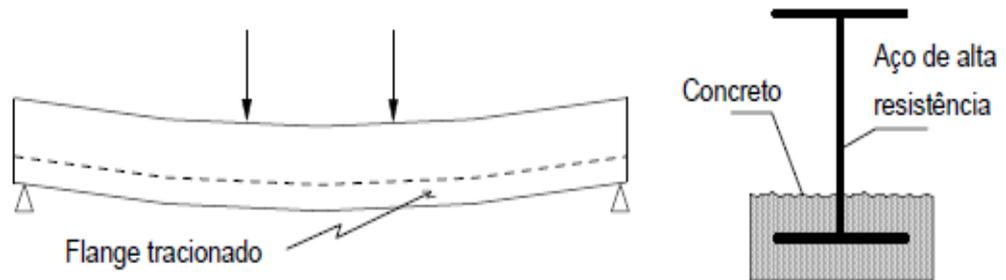
Com o aquecimento o material termoplástico funde permitindo assim o alongamento da armadura. A barra, ainda aquecida, é ancorada com porcas nas extremidades rosqueadas. Com o resfriamento, a protensão se desenvolve e a aderência é restaurada com a solidificação do material termoplástico.

⁹ RODRIGUES, Glauco J. de O. **Concreto Protendido**. São Paulo: Editora São Paulo 2008. p 5.

1.3 MÉTODO "PREFLEX"

Este método é empregado em vigas compostas de concreto e de um perfil estrutural de aço de alta resistência. O perfil de aço é carregado e o flange tracionado é então revestido com concreto de alta resistência. Após o endurecimento do concreto, a carga é removida, a tração no flange de aço é aliviada e o concreto passa a ser comprimido, de acordo com a figura 06.

Figura – 06 Protensão pelo método Preflex



Protensão pelo método "Preflex"

Fonte: RODRIGUES, 2008. p. 5¹⁰.

Em seguida, a viga é montada na estrutura e o restante dela é concretado. A viga de aço deve ser construída com contra flecha.

1.4 PATOLOGIAS

A protensão é um método que pode crescer muito com as novas tecnologias, quando não se conhece uma nova tecnologia um pequeno problema necessita de muito estudo para suas soluções.

¹⁰ RODRIGUES, Glauco J. de O. **Concreto Protendido**. São Paulo: Editora São Paulo 2008. p 5.

Quando se pretende, o efeito é criar uma contra flecha, com objetivo de aumentar a resistência e o vão da peça estrutural. O maior cuidado deve ser em controlar essa contra flecha ou flecha inversa, pois é daí que surgem os problemas.

Segundo NBR 6118¹¹: “Contra Flecha: É o deslocamento vertical intencional aplicado nas vigotas pré-fabricadas durante a montagem das mesmas, por meio do escoramento, contrário ao sentido da flecha”.

Em algumas edificações específicas, encontramos alguns problemas causados pela contra flecha excessiva; as lajes apresentam uma quantidade de pequenos problemas estéticos, problemas esses com maior intensidade nas ultimas lajes, sendo esses problemas: trincas contornando junto a laje por completo, estufamento de pisos ou trincas em cerâmicas, queda de parte do reboco ou forros do teto e outras danos estéticos.

Se o cálculo de tração do cabo não for cuidadoso, podemos ter um defeito estrutural. A contra flecha excessiva gerada pela protensão pode causar uma excentricidade nos pilares devido a retração do cabo afetando a estrutura, passando a causar um dano maior a edificação.

A protensão ainda deve ser estudada e maior viabilizada para obras de menor porte pois, além de apresentar esses problemas ela é um meio mais caro de edificar.

Segundo NBR 6118 ¹²:

Aqueles nos quais partes das armaduras são previamente alongadas por equipamentos especiais de protensão com a finalidade 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 ELU.

¹¹ RIO DE JANEIRO. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto de estruturas de concreto- Procedimentos**. 2004. Norma 6118. Disponível em: <http://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/abnt-6118-projeto-de-estruturas-de-concreto-procedimento>. Acessado em: 01 jun. 2015.

¹² RIO DE JANEIRO. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto de estruturas de concreto- Procedimentos**. 2004. Norma 6118. Disponível em: <http://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/abnt-6118-projeto-de-estruturas-de-concreto-procedimento>. Acessado em: 01 jun. 2015.

A resistência à tração do concreto está situada na ordem de 10% de sua resistência à compressão, sendo geralmente desprezada nos cálculos estruturais. Encontrar meios de fazer o concreto ganhar força neste quesito é uma das eternas batalhas da engenharia, que tem como uma de suas grandes armas, a protensão do concreto.

1.4.1 Trincas, Fissuras e Rachaduras

Trincas, fissuras ou rachaduras são empregadas comumente, para identificar problemas nas edificações em geral.

Há, porém, autores que diferenciam esses termos pelo tamanho da abertura. Entretanto, os termos referem-se a estados físicos do componente prejudicado. Assim, podemos ter uma parede afetada por uma trinca, assim como por uma fissura e também por uma rachadura.

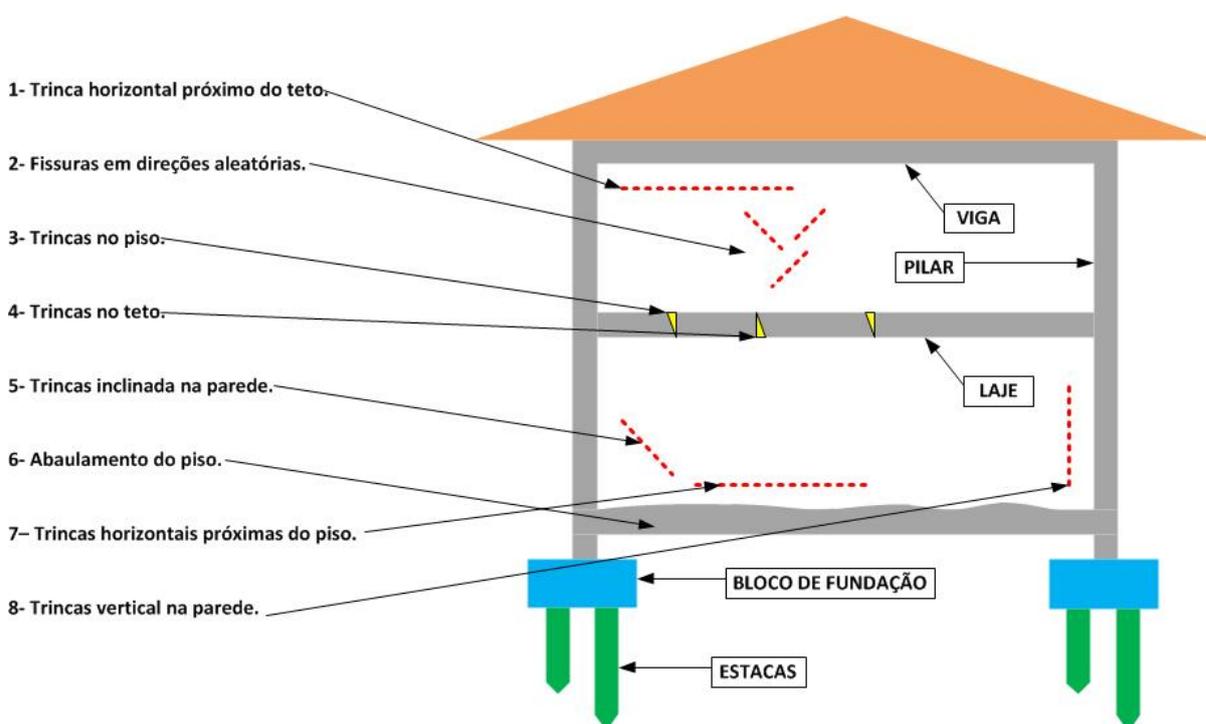
Observando a parede afetada, pode-se identificar os diversos componentes da parede. Na parte mais interna temos a alvenaria que é o elemento que dá sustentação à parede, acima desta temos o emboço que procura nivelar a mesma, depois o revestimento que pode ser de placas de cerâmica, pedra, azulejo ou de argamassa e finalmente a pintura.

Fissuras são, geralmente, superficiais e atingem somente a pintura ou o azulejo. Assim, podemos encontrar a pintura toda fissurada por defeito na formulação ou na aderência da tinta ou o azulejo todo fissurado por defeito na fabricação ou aplicação do mesmo. Por afetar apenas componentes superficiais, as fissuras não são, geralmente, críticas para a segurança das pessoas.

Trincas são, geralmente, mais profundas e atingem a estrutura da parede, ou seja, a alvenaria. Decorrem de recalques da fundação e esforços aplicados além da resistência da parede. Afetam a alvenaria, geralmente aparecem nos dois lados da parede. Por afetar a estrutura da parede, pode provocar a queda da parede ou parte dela. Neste caso as pessoas devem ser impedidas de se aproximar do local.

Rachaduras são problemas que afetam diretamente o usuário e a estrutura. São aberturas por onde passam a chuva e o vento que irão incomodar o conforto do morador.

Figura-07 Trincas, Fissuras e Rachadura



Fonte: acessado em 15/10/2015: <http://www.mgfconstrucoes.com.br/?p=59>¹³

Como mostrado na figura 07, alguns problemas são encontrados em todos os tipos de obras, de várias formas, tamanhos e posições, a qual a técnica de protendido acredita-se, diminuiria a ocorrência dessas patologias.

¹³ MGF CONSTRUÇÕES. **DICAS SOBRE TRINCAS, FISSURAS E RACHADURAS.** Disponível em : <http://www.mgfconstrucoes.com.br/?p=59>. Acessado em 15 de out. de 2015.

Figura-08 Trincas na Sacada



Fonte: (Acervo do autor)

Como mostrado na figura 08 algumas trincas apareceram em lugares incomuns, causando um pânico nos proprietários e um gasto com os reparos pós-venda.

Figura-09 Queda de Forro de Gesso



Fonte: (Acervo do autor)

Como mostra a figura 09, forros de gesso descolaram e caíram em grandes pedaços durante a obra, aumentando os gastos em recursos, materiais e mão de

obra, além de tempo que levou a um atraso no cronograma.

Capítulo II

2.PATOLOGIAS

Um edifício é uma interligação racional entre diferentes materiais e componentes, um produto heterogêneo gerado por mão de obra, em maioria, não especializada e de grande rotatividade. Essas características das edificações aliadas a uma má utilização, ausência de manutenção, falhas de projeto e a combinação de fenômenos físicos, químicos ou mecânicos levam a manifestação de patologias.

A NBR 6118: 2014 diz que:

Para fins de se manter a qualidade do projeto, deve se atender requisitos, estabelecidos por normas técnicas, acerca da capacidade resistente, ao desempenho em serviço e a durabilidade da estrutura. Mas não só isso, a solução adotada para efetivação da obra deve ser compatível com as condições arquitetônicas, funcionais, construtivas, estruturais e com os demais projetos tais como elétrico e hidráulico.¹⁴

Normalmente as manifestações patológicas apresentam características comuns que permitem aos especialistas determinar a causa e os possíveis mecanismos que conduziram ao surgimento e as consequências para a estrutura caso não haja intervenção corretiva.

2.1 DEFINIÇÃO

O termo "patologia" é derivado do grego (pathos - doença, e logia - ciência, estudo) e significa "estudo da doença". Na construção civil pode-se atribuir patologia aos estudos dos danos ocorridos em edificações, tanto em sua estrutura, acabamentos ou partes de fundação.

¹⁴ RIO DE JANEIRO. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO-PROCEDIMENTOS**. 2004. Norma 6118. Disponível em: <http://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/abnt-6118-projeto-de-estruturas-de-concreto-procedimento>. Acessado em: 01 jun. 2015.

Patologia da construção civil é basicamente quando um edifício apresenta defeitos. O edifício deve exercer diversas funções para atender às necessidades humanas. Diz-se que um edifício apresenta uma patologia quando não atende adequadamente uma ou mais funções para as quais foi construído, de acordo com as leis de zoneamento urbano e habitação. Assim, o reparo (conserto) de uma patologia tem como objetivo recuperar essa função.

O termo patologia vem da medicina. Estado patológico, na medicina, significa estado doentio, de anormalidade, de falta de saúde. Na construção o sentido é o mesmo.

Na prática a patologia das construções é o estudo de situações de ocorrências de problemas, de falhas ou de defeitos que comprometem uma ou mais das funções do edifício, ou todo seu conjunto, como se o edifício estivesse mesmo doente e sua doença precisasse ser diagnosticada e tratada.

2.2 CAUSAS DAS PATOLOGIAS

No concreto protendido como no concreto armado podemos detectar patologias que se equivalem em consequência e em causas que originam danos estruturais ou estéticos. No concreto protendido temos consequências variadas, onde cada patologia tem o seu causador específico e em cada etapa da edificação.

2.2.1 Problemas durante o processo: do projeto a utilização final

Em casos onde ocorre um erro de projeto, pode ser desde um estudo preliminar insuficiente, não avaliação da resistência do solo, falta de compatibilidade entre a estrutura e a arquitetura, especificação inadequada de materiais à propriamente erros de cálculos, como erros de dimensionamento, um cálculo errado de alongamento das ferragens, por exemplo, pode comprometer a edificação em nível estrutural sendo o pior caso a edificação entra em colapso e ruir. Segundo Thomas (1996), “a falta de interação entre os profissionais que atuam nas etapas da edificação gera a incompatibilidade entre os projetos arquitetônicos, estruturais e de

fundação. Em consequência podem surgir tensões que excedem a resistência dos materiais e assim ocasionando algumas das patologias”.¹⁵

A execução deve ser iniciada logo após o termino da concepção do projeto, ou seja, após obter-se uma conclusão de todos os seus estudos e projetos, e seus principais defeitos que podem ocorrer na etapa de execução encontra-se as falhas na armação das ferragens, falhas na concretagem (lançamento, adensamento, cura, fôrmas, juntas de dilatação e etc.) e quando a armadura desloca sua posição quando da concretagem.

Mesmo que as etapas de concepção e execução tenham sido de uma qualidade apropriada, as estruturas podem vir a apresentar problemas patológicos oriundos da utilização errônea ou da falta de um programa de manutenção adequado. Se foi calculado para uma determinada edificação não se pode alterar o projeto *in loco* e criar uma edificação com características diferentes. Não se pode colocar um salão de festas onde foi projetado para construir residências, essas modificações podem levar a um colapso estrutural e a ruína de toda a edificação. Associa-se.

Segundo Souza e Ripper (2009):

As falhas na execução das obras, condições de trabalho insatisfatório, mão de obra insuficientemente capacitada profissionalmente, inexistência ou deficiência de controle de qualidade de execução, má qualidade dos materiais, irresponsabilidade técnica e até mesmo sabotagem.¹⁶

Muitas peças utilizadas na protensão geram em sua vida uma manutenção específica e a falta de tal manutenção pode causar alguns danos na estrutura.

¹⁵ THOMAZ, Ercio. **TRINCAS EM EDIFÍCIOS: CAUSAS, PREVENÇÃO E RECUPERAÇÃO**. São Paulo. Pini. 1996.

¹⁶ SOUZA, Vicente Custodio de; RIPPER, Thomaz. **PATOLOGIAS, RECUPERAÇÃO E REFORÇO DE ESTRUTURA DE CONCRETO**. São Paulo. Pini, 2009.

2.2.2 Agentes Causadores Mecânicos

Não comuns no Brasil, os abalos sísmicos comuns em alguns países e suas edificações de concreto protendido tem que considerar este efeito e somar à protensão algumas técnicas. Após se protender não se pode mais alterar partes da estrutura pois pode danificar a peça em si, assim maximizar os danos da estrutura. Assim como alterações no terreno podem danificar a estrutura, as cargas da edificação são descarregadas no solo e com um solo alterado, as cargas não sendo bem alocadas no terreno podem levar a um recalque ou a consequências piores. Um ato bem comum é sobrecarregar a estrutura, muitos acham que podem aumentar o peso, tirar uma parede aqui e aumentar uma outra ali, mas essas modificações geram problemas de alto nível sendo que as cargas têm o lugar certo para descarregar de acordo com o cálculo, tem um caminho certo até o solo.

2.2.3 Agentes causadores físicos

A escolha errada de materiais que se utiliza em uma edificação é um dos fatores que mais compromete hoje em dia, porque se prefere o de menor custo e com qualidade inferior ou características que não servem para aquela construção, assim como material, o dimensionamento incorreto ocorre por falta de experiência ou uma atenção difusa ou até mesmo a qualidade dos serviços profissionais oferecidos em preços reduzidos.

Tabela-01 Percentuais de causas de patologias na edificação

| Etapa | % |
|---------------------|----------|
| PRROJETO | 40 |
| EXECUÇÃO | 28 |
| MATERIAIS | 18 |
| USO | 10 |
| PLANEJAMENTO | 4 |

Fonte: VITORIO, 2003 p 25¹⁷

Como mostrado em números na tabela 01, um cuidado deve ser tomado especialmente na parte do projeto e na execução que são as principais etapas de uma edificação, mas não podemos deixar de levar em conta materiais para construção e a utilização da edificação.

2.3 PATOLOGIAS EM EDIFÍCIOS COM A TÉCNICA DE PROTENSÃO

Em alguns edifícios da cidade de Manhuaçu construído em concreto protendido, sendo ela uma técnica jovem na região para edificações, foram identificadas algumas patologias no revestimento causando defeitos estéticos. Trincas e fissuras na parede e no encunhamento das lajes, forros de gesso despencando e ficando buracos e vazios nos tetos, azulejos estufando e trincando.

2.4 CONSEQUENCIAS PATOLOGICAS

No decorrer da construção foram aparecendo vários desses problemas, que eram sanados ainda nesta etapa e assim um prejuízo com reparos foi comprometendo o orçamento e atrasando o cronograma, em um dos prédios

¹⁷VITORIO, Afonso. **Fundamentos da Patologia das Estruturas na Perícia de Engenharia**. Instituto Pernambuco de Avaliação e Perícia de engenharia. Recife, Pernambuco, 2003, p 25.

acompanhado foi feito a festa de entrega antes de sua conclusão total, pois houve a extrapolação de prazos devido a patologias.

Como principal consequência encontramos no transtorno do pós-venda da obra, como o contrato abrange cinco anos de garantia da construtora, então nesse tempo a responsabilidade é da construtora de fazer reparos e correções na edificação. Isso leva a construtora a gastar com reparos e indenizações para donos e moradores das residências adquiridas. Ocorreu casos em que algumas peças danificaram, como um azulejo, e depois não achar mais a mesma e ter que trocar todo o conjunto do recinto. Isso tudo além de gerar um prejuízo financeiro, pode gerar processos judiciais de clientes insatisfeitos e assim mais transtornos financeiros e judiciários. A imagem da empresa vai se desgastando e perdendo valor com esses problemas encontrados e citados acima.

Capítulo III

3 SOLUÇÕES E CORREÇÕES

Com estudos e pesquisas, observando os edifícios vimos que a protensão não é o único causador dos problemas e assim verificamos que vários outros fatores podem afetar as partes de alvenaria, acabamento e estrutura.

Com base nesses resultados apontamos algumas possíveis soluções para minimizar ou eliminar as patologias.

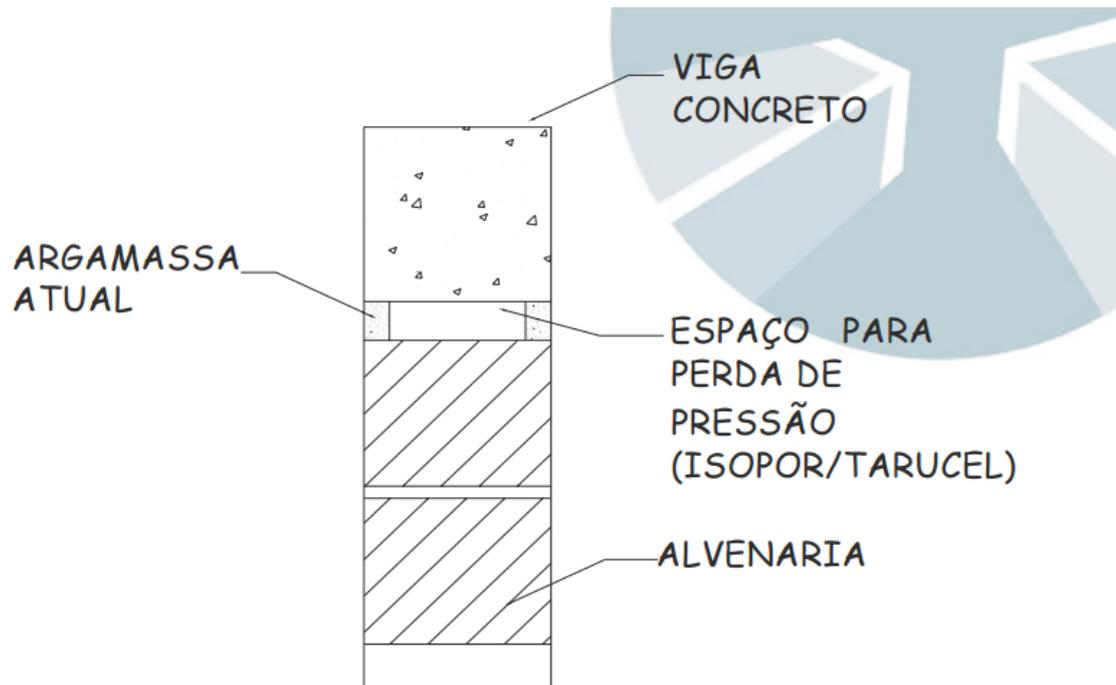
3.1 MATERIAIS

Ponto importante para correção desses problemas nada mais é que os materiais que tem importante função nas edificações. A escolha de um bom concreto é marco inicial, pois ele garante a qualidade e resistência da edificação, “o concreto usinado é uma opção por ter um rigoroso controle de qualidade embasado em normas e testes”¹⁸. A areia utilizada em argamassas deve ser de boa procedência e sem contaminações de matérias orgânicas.

No encunhamento da laje com a alvenaria podemos adicionar materiais que aumentarão a flexibilidade da peça, assim diminuindo o índice de ocorrência das patologias. Podemos utilizar uma argamassa industrializada em conjunto com material flexível.

¹⁸CASADICAS. **CONCRETO USINADO PARA LAJE.** Disponível em: <http://www.casadicas.com.br/construcao/concreto-usinado-para-a-laje-preco-e-calculo-de-quantidade/>

Figura-10 Esquema do processo de implantação do material flexível



Fonte: Acessado em 18 de nov. de 2015. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/121/anexo/encunham.pdf>¹⁹

A existência do elemento aliviador de pressão (espuma de poliuretano – Tarucel) mostrado na figura 10, atuaria como um sistema de aliviar tensões da estrutura protendida para a alvenaria.

¹⁹ COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **ENCUNHAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO ANALISE E SOLUÇÕES PRATICAS**. Acessado em 18 de nov. de 2015. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/121/anexo/encunham.pdf>

Figura-11 Uso de material flexível no encunhamento



Fonte: Acessado em 18 de nov. de 2015. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/121/anexo/encunham.pdf>²⁰

A colocação de um material aliviador como mostrado na figura 11 é um método simples e que pode resolver vários problemas, já que a maioria das fissuras apareceram entorno da laje, isso aumenta a flexibilidade da peça e impede que a contra flecha excessiva desloque um pouco a peça e afete o encunhamento da laje a alvenaria.

Um comparativo simples, descrito pela tabela 02, que mostra como alguns materiais tem capacidade para encunhamento mais flexível, mas todos têm seus pros e seu contras, assim como todas as técnicas.

²⁰ COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **ENCUNHAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO ANALISE E SOLUÇÕES PRATICAS**. Acessado em 18 de nov. de 2015. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/121/anexo/encunham.pdf>

Tabela-02 Alternativas para um encunhamento mais flexível

| ANALISE | ALTERNATIVAS | | | |
|----------------|----------------------|---|--|---------------------------|
| | Tijolo maciço | Argamassa industrializada | Argamassa com aditivo expensor | Atual + racional |
| PROS | Não dá Patologias | Facilidade | Facilidade Custo | Custo Infiltração zero |
| CONTRAS | Custo Treinamento | Não é expansiva Muito rígida Custo Infiltração | Tempo para aplicação (20') Controle | Treinamento Controle |

Fonte: Acessado em 18 de nov. de 2015. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/121/anexo/encunham.pdf>²¹

O aço utilizado para protender a peça deve ser próprio para o alongamento calculado e as peças como bainhas e cordoalhas devem suportar e ter suas características intactas em qualquer caso ou situação.

Outro material que está sendo muito utilizado são mantas ou telas metálicas eletrosoldadas de arame de pequeno diâmetro que faz a ligação entre o pilar e parede para reforçar e evitar a manifestação de fissuras.

No tratamento de fissuras, são usualmente utilizados resina de base epóxi de elevada fluidez, por serem produtos de baixa viscosidade, alta capacidade resistente e aderência, bom comportamento em presença de agentes agressivos, além de enrijecerem muito rapidamente e de manterem suas características básicas, é usada pura ou misturada com areia sintética de grande finura.

²¹ COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **ENCUNHAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO ANALISE E SOLUÇÕES PRÁTICAS**. Acessado em 18 de nov. de 2015. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/121/anexo/encunham.pdf>

3.2 TECNICAS CONSTRUTIVAS E DE PROJETO

Entender o projeto e suas especificações é importante, um bom cálculo garante a segurança e a estabilidade, o conforto e a segurança dos trabalhadores e dos proprietários da edificação.

Na fase de projeto o projetista deve se preocupar em fazê-lo muito bem detalhado, e o mais simples de se ler, para que não se ocorra nenhum risco de erros na hora da execução. O cálculo do projeto deve seguir a norma que estabelece valores mínimos de segurança para cada tipo de edificação, deve se respeitar cada etapa e detalhe, sem alterá-lo, usar programa de software específico e de qualidade para gerar bons resultados e conferir os mesmos gerados por ele. Deve ser muito bem dimensionado e exibido no projeto, as tensões a qual deverão ser aplicadas no momento da execução.

A execução é uma etapa que se deve ter bastante atenção pois são muitos detalhes a ser acompanhados, desde a colocação das bainhas e da correta posição dos cabos de protensão, até a tensão aplicada do macaco hidráulico, que não pode ser maior e nem menor do que recomendada em projeto, ainda tem a colocação da ancoragem do cabo que não pode voltar, e deve ser executado por um profissional experiente e treinado para isso. Por isso é de suma importância ter um profissional como um engenheiro acompanhando a obra, para inspecionar os materiais que chegam para saber se são de qualidade e se é o adequado para a situação, e a execução de cada fase se está sendo feita corretamente, orientar e corrigir qualquer possível falha que venha ocorrer por falta de mão de obra qualificada.

Utilização de técnicas como juntas de dilatação e espaços vazios, que se utiliza nos rebocos, tanto das paredes como nos tetos, em forro de gesso e em assentamentos dos revestimentos, também dão maior estabilidade ao acabamento evitando o surgimento das patologias. Utiliza-se também uma técnica de ferros de espera para fazer uma melhor amarração, não se deve coloca-los alinhados verticalmente para não gerar uma força de cisalhamento. Outra técnica já para a recuperação é o grampeamento, tal necessidade ocorre nos casos de fissuras ativas

e em que o desenvolvimento das mesmas acontece segundo linhas isoladas e por deficiências localizadas de capacidade resistente, esse processo também é chamado de costura das fendas, devido ao seu aspecto e seu propósito.

3.3 ESTUDOS ALTERNATIVOS

Uma solução para resolver os problemas, e que deve levar a um estudo mais aprofundado e um novo projeto, pode ser combinar técnicas construtivas com a protensão. Pode se combinar a protensão com concreto armado ou com a alvenaria estrutural, entre outras.

Thomaz(1996) sintetiza que a prevenção das patologias nos edifícios, “passa obrigatoriamente por todas as regras de bem planejar, bem projetar e bem construir”²²

3.4 BENEFÍCIOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

Com o presente trabalho podemos deixar técnicas e materiais para ajudar a combater patologias também citadas, não apenas no protendido, mas também em concreto armado e em outros métodos construtivos. Mostrando como patologias em edifícios com protensão e até mesmo sem protensão podem ser combatidas.

²²THOMAZ, Ercio. **TRINCAS EM EDIFÍCIOS: CAUSAS, PREVENÇÃO E RECUPERAÇÃO**. São Paulo. Pini. 1996.

CONCLUSÃO

O presente trabalho não alcançou o resultado esperado que era de revelar qual o verdadeiro causador das patologias nas obras que utilizaram a protensão, devido ao tempo, pois não foi possível acompanhar uma obra desde a sua elaboração do projeto até o seu término, passando por cada etapa das já citadas no decorrer desse estudo, irá servir de pesquisa e orientação de maneiras e técnicas já usadas para evitar algumas patologias e para um princípio de estudos futuros.

As manifestações patológicas sejam ela por parte da estrutura, revestimento ou acabamento, possuem diversas origens e causas. São problemas frequentes nas edificações e seu surgimento interfere no atendimento de todas as funções de uma edificação e em seu pós-venda causa desconforto e gastos extras. Podem servir como alerta para um possível estado de ruptura de parte ou da estrutura global. Comprometendo quanto a segurança, estanqueidade, salubridade, durabilidade da obra. Pode gera um desconforto higrotérmico, acústico, visual, tátil e psicológico.

As causas das patologias podem ser diversificadas e se desenvolver de modo característico, mas podemos ressaltar que esses problemas podem ser combinações de várias causas e nem todos os casos se encaixam na configuração típica.

As causas mais comuns verificadas com esse estudo, de manifestações em obras de concreto protendido são a contra flecha excessiva, problemas na hora da execução do processo, escolha dos materiais.

Conforme o presente estudo, temos que as patologias servem de alerta para a saúde global ou de partes do edifício. Uma boa análise no projeto e nas técnicas de execução podem minimizar as falhas que são geradas.

Podemos verificar de acordo com a norma que a protensão pode ser feita sem as patologias citadas. Para tanto, deve-se observar normas técnicas e também as recomendações que já mostraram eficácia na prevenção dos defeitos.

É necessário que sejam difundidos os conceitos de desempenho, vida útil, durabilidade e manutenção, para que os profissionais técnicos atentem para produzir projetos de qualidade e para que seus usuários finais saibam sua responsabilidade para manter seus bens por mais tempo desempenhando suas funções satisfatórias.

Verificamos com esse estudo que muitas das patologias podem ser em comum com outros métodos construtivos, não exclusivo da protensão. Expomos a técnica, métodos, materiais, patologias mais encontradas e como tentar combatê-las e corrigi-las.

O presente estudo serve de alerta as construtoras e engenheiros que utilizam o protendido que deve se levar em conta essas patologias mesmo não levando um perigo real, podem gerar um desconforto a quem for residir na edificação e a um grande custo de manutenção no pós-venda.

Além da implementação citada anteriormente, pode se propor em um trabalho posterior um meio de viabilizar a protensão em obras de menores portes já que ela só é viável em obras de maiores portes.

Com a protensão, um trabalho futuro necessário é testar a confiabilidade dos serviços de empresas e engenheiros que estão nesse mercado. Nesse sentido, faz-se necessário mantê-lo sempre atualizado com novas pesquisas, uma vez que os serviços estão sempre se atualizando e expandindo.

Outro trabalho futuro bastante relevante diz respeito ao repositório persistente da protensão disponibilizado. É importante definir estratégias para controle de execução das técnicas, permitindo às aplicações e a escolha sobre qual método de protensão devem utilizar ou que querem trabalhar.

REFERÊNCIAS

BASTOS; Paulo Sérgio Dos Santos. **ANÁLISE EXPERIMENTAL DE DORMENTES DE CONCRETO PROTENDIDO REFORÇADOS COM FIBRAS DE AÇO.** São Paulo. Trabalho de Conclusão de Doutor de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Carlos- USC, São Paulo 1999.

BASTOS, Pablo. **PATOLOGIAS NO PROTENDIDO.** Disponível em: <<http://www.fAWKeb.unesp.br/pbastos/Protendido/Ap.%20Protendido.pdf>>. Acessado em: 01 jun 2015.

CASADICAS. **CONCRETO USINADO PARA LAJES.** Disponível em:<<http://www.casadicas.com.br/construcao/concreto-usinado-para-a-laje-preco-e-calculo-de-quantidade/>>. Acessado em 18 de nov de 2015.

CARDOSO, Renata. **ALVENARIA ESTRUTURAL PROTENDIDA: PRINCIPIOS E APLICAÇÕES.** Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96302/000914990.pdf?sequence=1>>. Acessado em 18 de nov de 2015.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **ENCUNHAMENTO DA VEDAÇÃO DE ALVENARIA ANALISE E SOLUÇÕES PRATICAS.** Disponível em:<<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/121/anexo/encunham.pdf>>. Acessado em 18 de nov de 2015.

ELEMENTO. Rudloff. **CONCRETO PROTENDIDO.** São Paulo. Janeiro 2015. Disponível em: <<http://www.rudloff.com.br/concreto-protendido>>.

HANAI, João Bento de. **FUNDAMENTOS DO CONCRETO PROTENDIDO.** São Carlos, 2005.

MGF CONSTRUÇÕES. **DICAS SOBRE TRINCAS, FISSURAS E RACHADURAS.** Disponível em : <<http://www.mgfconstrucoes.com.br/?p=59>>. Acessado em 15 de out. de 2015.

O QUE É PATOLOGIA DAS COSTRUÇÕES. **IBAPE.** 2013. Disponível em: <<http://ibape-rs.org.br/2013/06/o-que-e-patologia-das-construcoes/>>.Acessado em 09 de nov 2015.

PATOLOGIAS DO CONCRETO. **SLIDESHARE.** 2015. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/profNICODEMOS/patologias-1>>.Acessado em 09 de nov 2015.

PEDREIRA.**CONCRETO PROTENDIDO.** 2013. Disponível em: <<http://www.pedreira.eng.br/index.php/concreto-protendido>>. Acessado em 01 jun. 2015.

PORTAL DO CONCRETO. **CONCRETO PROTENDIDO**, Fevereiro 2015. Disponível em: <<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/protendidos.html>>. Acesso em: 01 jun 2015.

RIO DE JANEIRO. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO-PROCEDIMENTOS.** 2004. Norma 6118. Disponível em: <http://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/abnt-6118-projeto-de-estruturas-de-concreto-procedimento>. Acessado em: 01 jun. 2015.

RIO DE JANEIRO. **MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES: INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS.** Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/normas/download/pavimentacao/OAE_Estruturas_de_Concreto_Protendido.pdf>. Acessado em 01 jun 2015.

RODRIGUES, Glauco J. de O. **CONCRETO PROTENDIDO**. São Paulo, Concreto Protendido, Notas de Aula 2008. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/1569941/concreto-protendido---prof-glauco1>>. Acessado em 01 jun. 2015.

SENEFONTE, Kleber Basílio; TEIXEIRA, Antônio de Oliveira Fernandes. **TÉCHNE. PISO DE CONCRETO PROTENDIDO**. Abril 2007. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/121/artigo286398-1.aspx>>.

SOUZA, Vicente Custodio de; RIPPER, Thomaz. **PATOLOGIAS, RECUPERAÇÃO E REFORÇO DE ESTRUTURA DE CONCRETO**. São Paulo. Pini, 2009.

TAJEDOR, Cristina Mayán. **PATOLOGIAS, RECUPERAÇÃO E REFORÇO COM PROTENSÃO EXTERNA EM ESTRUTURAS DE PONTES**. Rio de Janeiro. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, Rio de Janeiro 2013.

THOMAZ, Ercio. **TRINCAS EM EDIFÍCIOS: CAUSAS, PREVENÇÃO E RECUPERAÇÃO**. São Paulo. Pini. 1996.

VERISSIMO, Gustavo de Souza; CÉZAR JR., Kléos M. Lenz. **CONCRETO PROTENDIDO: FUNDAMENTOS BÁSICOS**. Viçosa, 1998.

VITORIO, Afonso. **FUNDAMENTOS DA PATOLOGIA DAS ESTRUTURAS NA PERÍCIA DE ENGENHARIA**. Instituto Pernambuco de Avaliação e Perícia de engenharia. Recife, Pernambuco, 2003.