

Estudo de Caso em Cobertura de Telha Pré-Fabricada Tipo W com Ocorrência de Colapso Parcial



Isaque Rodrigues de Almeida¹; Kleison Teixeira dos Santos²; Patrícia Ribeiro da Silva Brandão.

¹Faculdade Educacional de Araucária;

RESUMO

Verifica-se os motivos da incidência de colapso parcial em telhas pré-fabricadas tipo W. A metodologia empregada é composta pelas suas propriedades químicas, físicas e mecânicas de caracterização da cobertura. Ainda as avaliações das condições das telhas, sendo identificadas suas deformações e fissurações, ensaios para determinação das condições do concreto e inspeções visuais verificando pontos com acúmulos de água, obstrução dos sistemas de drenagens, análise dos desgastes superficiais das peças.

A falta de manutenção foi um dos principais fatores causadores dos danos identificados através dos ensaios e inspeções na estrutura, este fato necessita de uma atenção, pois as telhas pré-fabricadas protendidas tipo W, como toda estrutura protendida estão sob tensão constante, ou seja, tais elementos estruturais possuem cerca de 60% de sua carga tencionada indo a picos ainda mais elevados em determinadas situações de esforços, esta fato faz com que não aceitem falhas.

Tão relevante quanto programa de manutenção preventiva, que busca manter as características de proteção, a estrutura necessita de ações corretivas, pois a condição atual de degradação se deu pela ausência de efetiva manutenção da cobertura durante os 25 anos de sua existência.

Palavras chave: Pré-Fabricadas, colapso, ensaios, telhas tipo W.

ABSTRACT

There is the reasons for the incidence of partial collapse in prefabricated tiles type W. The methodology is composed by its chemical, physical and mechanical characterization of coverage. Yet assessments of the conditions of tiles, identified its deformations and cracking, tests to determine the concrete conditions and visual inspections checking points with water accumulations, obstruction of drainage systems, analysis of surface wear of parts.

The lack of maintenance was one of the main factors causing the damage identified by the tests and inspections of the structure, this fact needs attention because the prefabricated tiles prestressed type W, like all prestressed structure are sobtensão constant, ie such structural elements have about 60% of their charge tensioned going to even higher peaks in certain situations efforts, this fact causes not accept failure.

As relevant as preventive maintenance program, which seeks to maintain the protective characteristics, the structure requires corrective action because the current condition of degradation was due to the lack of effective maintenance coverage during the 25 years of its existence.

Keywords: Pre -Fabricated, collapse, testing, tiles type W.

1. INTRODUÇÃO

Os problemas estruturais que essas peças apresentam são de grande risco, pois são fabricadas para atender grandes vãos e com isso possuem grandes dimensões, onde uma falha estrutural pode ser fatal.

É possível identificar através de verificações, análises visuais, ensaios (laboratoriais e em campo) problemas estruturais e patológicos que as telhas protendidas tipo W podem ter sofrido ao decorrer do tempo.

Este estudo de caso tem a finalidade de verificar os motivos que podem levar telhas protendidas tipo W a um colapso através de ensaios visuais, físicos e químicos.

Os ensaios buscam a explicação de uma telha ter entrado em colapso, sendo subdivididos em: visuais (identificação de fissuras, águas paradas e sistema de drenagem obstruída), verificação de pontos de corrosão, ensaio de íons cloreto e verificação do pH do concreto (aspersão de fenolftaleína).

Alguns fatores não puderam ser identificados, pois a estrutura possui aproximadamente 25 anos de uso, o que impossibilitou a visualização dos projetos estruturais das telhas, o processo de fabricação, armazenamento das peças e como foi realizado o transporte das mesmas. Eventualmente estes fatores não identificados podem ser um dos motivos causadores do colapso em telha protendida tipo W.

2. DESENVOLVIMENTO

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 9062/2006, pré-fabricação define-se por elementos executados em instalações industriais permanentes, ou também podendo ser realizado em canteiros provisórios (Canteiros de obras temporários) especificados para estes fins, os quais devem atender os requisitos e especificações mínimas para a realização dos elementos pré-fabricados.

A cobertura deve proteger a construção das intempéries (chuva, poeira, sol, ventos, temperaturas extremas), sem perder sua estabilidade estrutural ao longo de toda sua vida útil, devendo ter também risco baixo e aceitável de incêndio. O desempenho estrutural, térmico e acústico, o nível de segurança contra incêndio, a funcionalidade e acessibilidade, e as condições de durabilidade e possibilidade de manutenção são aspectos fundamentais que devem ser observados na avaliação de uma cobertura (JUNIOR e MOLINA, 2010).

Os elementos de concreto de cobertura são principalmente utilizados para construções comerciais e indústrias, para complexos esportivos, etc. As características principais dos elementos são (ACKER 2002):

- Leves devido às seções transversais esbeltas;
- Grandes vãos;
- Superfície inferior lisa (face inferior bem acabada).

Pela pequena espessura das telhas pré-fabricadas em concreto, e a possível existência de porosidade excessiva e microfissuras em baixas idades, sejam elas de retração na secagem ou de esforços oriundos da estocagem ou transporte para a obra, existe a possibilidade de ocorrência de manifestações patológicas devido a vazamentos de água que descaracterizam a adequação ao uso do produto (SILVA, 2011).

2.1 CONCRETO PROTENDIDO

Aqueles nos quais parte das armaduras é previamente alongada 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 estado limite último (ELU) (ABNT, NBR 6118:2014).

A durabilidade das estruturas é altamente dependente das características do concreto e da espessura e qualidade do concreto do cobrimento da armadura (ABNT, NBR 6118:2014).

A retração e a fluência do concreto assumem, no concreto protendido, uma grande importância. A armadura de protensão trabalha e, nesse trabalho, ao se produzir o encurtamento, ela transfere ao concreto uma parte da energia armazenada quando da protensão, o que favorece o encurtamento por retração (LEONHARDT, 2007).

O concreto protendido é um concreto no qual, pela tração de cabos de aço, são introduzidas pré-tensões de tal grandeza e distribuição, que as tensões de tração resultantes do carregamento são neutralizadas a um nível ou grau desejado (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

O concreto protendido possui resistência características à compressão simples, entre 30 e 40 MPa, enquanto no concreto armado a existência é de 20 a 30 MPa (HANAI, 2005).

É importante ainda que o concreto tenha boas características de compacidade e baixa permeabilidade, para assim se ter uma eficiência a proteção da armadura contra a corrosão, sendo que no caso do concreto protendido o aço da armadura ativa, solicitado por tensões elevadas, torna-se mais susceptível à corrosão, sob tudo a chamada “corrosão sobtensão” (HANAI, 2005).

Muitas fábricas utilizam o cimento CP V-ARI, que segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 5733/1991 é um aglomerante hidráulico

que atende às exigências de alta resistência inicial, obtido pela moagem de clínquer Portland, constituído em sua maior parte de silicatos de cálcio hidráulicos devendo representar á compressão aos 7 dias de idade de 34 MPa. Os agregados são materiais naturais e artificiais, que apresentem resistência suficiente e que não afetem o endurecimento do concreto. Devem ser isentos de impurezas (terra, argila, húmus) e de componentes prejudiciais (no máximo 0,02% de cloretos e 1% de sulfatos) (LEONHARDT, 2007).

Os aditivos nos concretos causam efeitos físicos, seja por redução da tensão superficial ou pela ordenação de cargas elétricas das partículas de cimento, causando repulsão eletrostática (MELO, 2007).

Quando utilizados de maneira adequada os aditivos acarretam em benefícios ao compósito, mas não podem ser considerados como um “remédio” para falta de qualidade dos insumos do concreto, proporções não adequadas de mistura, ou para despreparo de mão-de-obra para transporte, lançamento e adensamento (NEVILLE, 1997).

2.2 PROTENSÃO

A protensão pode ser com ou sem aderência, pois a que possui aderência tem uma melhor distribuição das fissuras e uma maior segurança a ruína no ELU, já na sem aderência os cabos são engraxados e envolvidos por bainha de polietileno reticulado de alta densidade, este material é utilizado como proteção anticorrosivo. Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 7197/1989 a protensão sem aderência exige a condição de protensão completa.

Sendo assim a protensão sem aderência é preferida pelos projetistas por poderem utilizar a Protensão Parcial através do Método da Carga Balanceada (MAZER, 1997).

A perda da força de protensão resulta dos encurtamentos das fibras de concreto que envolve os cabos. Os encurtamentos determinantes são os que se produzem em condições permanentes (LEONHARDT, 2007).

Denominadas perdas imediatas ou instantâneas, pode ocorrer na peça durante as operações de esticamento e ancoragem dos cabos, elas devem ser medidas e controladas durante a execução da protensão, tais acontecimentos se dão devido a deslizamentos nas ancoragens, resistência de atrito ao longo do cabo, etc. (PFEIL, 1980).

As armaduras de protensão possuem elevada resistência, a fim de minimizar perdas decorrentes das deformações no concreto, tanto instantâneas como progressivas, assim como as perdas por relaxação do próprio aço. Os aços de concreto armado

apresentam resistência característica que não ultrapassam 600 Mpa, os de protendido têm valores mínimos que atingem de 1500 a 1900 MPa (DALLEDONE, 1996).

2.3 DURABILIDADE DO CONCRETO

As estruturas de concreto devem atender aos requisitos mínimos de qualidade durante sua construção e serviço, e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto entre o autor do projeto estrutural e o contratante (ABNT NBR 6118:2014).

A corrosão de armaduras no concreto armado é um fenômeno de natureza eletroquímica, que pode ser acelerado pela presença de agentes agressivos externos ou internos incorporados ao concreto. Para que a corrosão se manifeste é necessário que haja oxigênio (ar), umidade (água) e o estabelecimento de uma célula de corrosão eletroquímica (heterogeneidade da estrutura), que só ocorre após a despassivação da armadura (HELENE, 2003).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 6118/2014, as fissuras nas estruturas são inevitáveis, pois o concreto possui uma baixa resistência à tração. A norma ainda destaca alguns limites máximos de abertura entre 0,2mm a 0,4 mm, para que não haja uma abertura significativa que possa afetar a armadura.

O dióxido de carbono, CO_2 , presente no ar penetra através da rede de poros do concreto e reage com os constituintes alcalinos da pasta de cimento, principalmente com o hidróxido de cálcio, o que leva a formação de carbonatos cálcios e alcalinos e a uma redução do valor do pH da solução aquosa presente nos interstícios do concreto, que acaba ficando com um pH próximo do neutro (PERDRIX, 1992).

O concreto possui um pH da ordem de 12,5 devido ao $Ca(OH)_2$ (SILVA, 1963), utilizando-se de um indicador químico pode-se identificar o valor estimado de pH que possui a peça de concreto estudado. A fenolftaleína a 1% dissolvida em álcool etílico, quando aplicada sobre a peça seca pode variar de cor.

Uma concentração crítica de íons cloreto em contato com a superfície da armadura provoca a despassivação do aço e a corrosão localizada do mesmo. O valor depende de diversos fatores como pH, o teor de aluminato tri cálcico (C3A) no cimento e em alguns casos, do teor de umidade do concreto (HELENE, 2003).

2.4 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

O conjunto de projetos relativos a uma obra deve orientar-se sob uma estratégia explícita que facilite procedimentos de inspeção e manutenção preventiva da construção (ABNT NBR 6118/2014).

Helene (2003) seguiu o modelo de Sitter 1984 e dividiu as etapas construtivas e de uso em quatro períodos correspondentes ao projeto, execução propriamente dita, a manutenção preventiva efetuada antes dos cinco primeiros anos e a manutenção corretiva efetuada após o surgimento dos problemas, cada uma corresponde um custo, conforme (FIGURA 01).

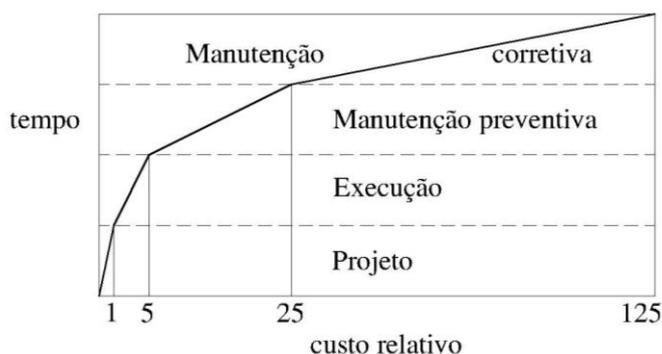


FIGURA 01 - LEI DE SITTER, EVOLUÇÃO DE CUSTOS.
 FONTE: SITTEER 1984, APUD HELENE, 2003.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A cobertura é formada por três vãos de telhas tipo W, em elementos pré-fabricados em concreto armado e protendido com dimensões de 35m x 26,25m e idade aparente de 25 anos. Os dois vãos laterais possuem 12,5 metros de comprimento e destes 2,5 metros estão em balanço, já o vão central possui uma medida de 10 metros de comprimento por telha. Ainda há duas linhas de domos translúcidos que por sua vez contribuem para uma iluminação natural do ambiente.

3.1 AVALIAÇÕES E ENSAIOS

Primeiramente foram realizadas visitas de campo para avaliação visual e identificação das condições em que as telhas pré-fabricadas se encontravam, quais eram suas disposições no prédio, foram analisadas todas as telhas do barracão com o objetivo de identificação das manifestações patológicas.

3.1.1 Deformação das telhas

Em todas as telhas da cobertura foram executadas leituras das deformações existentes por meio da utilização de uma linha e escala, exemplificado nas (FIGURAS 02 e 03).

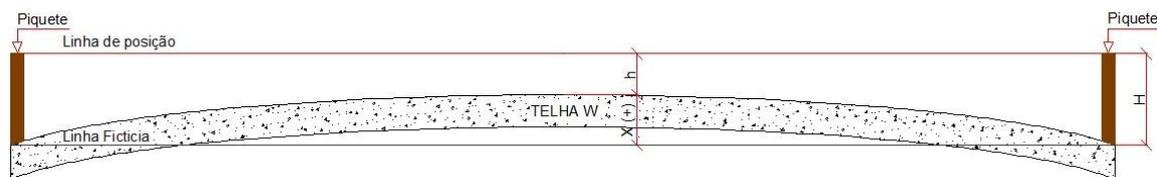


FIGURA 02 – REPRESENTAÇÃO DE CONTRA FLECHA (+).
 FONTE: AUTORES (2016).

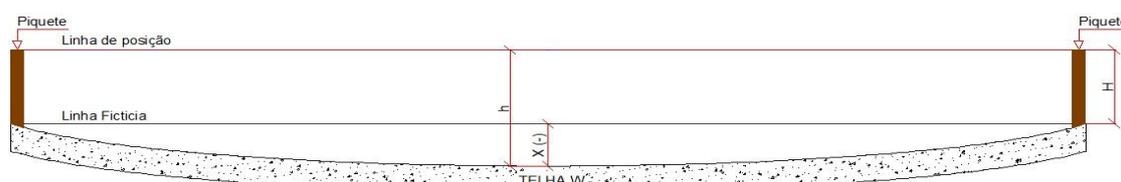


FIGURA 03 – REPRESENTAÇÃO FLECHA (-).
 FONTE: AUTORES (2016).

3.1.2 Mapeamento das Fissuras

As identificações foram realizadas a partir de avaliações visuais e com a elaboração de uma planta de localização de fissuras, sendo atestadas que são fissuras pelos limites de aberturas inferiores a 0,6 mm estabelecidos na NBR 15575/2010.

3.1.3 Avaliação das Concentrações de íons cloreto

As amostras foram retiradas em 5 pontos distribuídos com (15 furos cada) em toda estrutura de cobertura. As retiradas deram-se através de furos realizados com uma furadeira e coletadas com o auxílio de um pincel e uma espátula, conforme (FIGURA 04).



FIGURA 04 – COLETA DAS AMOSTRAS.
 FONTE: AUTORES (2016).

Segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 12655/2015, admite-se limites bem conservadores para o teor de íons cloreto em concreto a fim de manter a proteção das armaduras. Para o concreto protendido a norma recomenda um

percentual de 0,05% sobre a massa de cimento. Os ensaios para as verificações dos percentuais de íons cloreto foram realizados em laboratório terceirizado.

3.1.4 Determinação da Carbonatação e Alcalinidade do Concreto

Foram retiradas amostras e/ou fragmentos da seção transversal das telhas protendidas tipo W, para identificação e obtenção dos valores do pH do concreto e identificação da condição favorável ao processo de Carbonatação. Para isso foram realizados ensaios por meio da aspensão de solução de fenolftaleína que se mantém incolor em soluções ácidas e vermelhas em soluções básicas conforme (TABELA 01).

pH do concreto	Coloração
Superior a 9,5	Vermelho-carmim
Inferior a 8,3	Incolor
Entre 8,3 e 9,5	Variável entre rosa e vermelho carmim

TABELA 01 – RELAÇÃO PARA DETERMINAÇÃO DO pH DO CONCRETO.
FONTE: SOUZA (2015).

Foram avaliados 15 pontos com a aspensão de fenolftaleína para encontrar os valores de pH, com a retirada de uma parte não significativa da seção próximos aos apoios para facilitar a extração e recomposição da peça, pois neste ponto as peças se encontram montadas e em uso. O apoio é umas das partes críticas das telhas, pois é onde o cabo encontra-se fixado sendo exigido com mais intensidade, onde pode ocorrer microfissuras.

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

4.1 INSPEÇÕES VISUAIS

Foram realizadas com o objetivo de identificar possíveis falhas ou manifestações patológicas que eventualmente possam estar agredindo a estrutura da cobertura.

Pontos de corrosão identificados através de inspeções visuais, a Figura 05 apresenta os pontos de corrosão em uma armadura (tela) exposta na seção da aba da telha a qual faz parte da estrutura de cobertura.

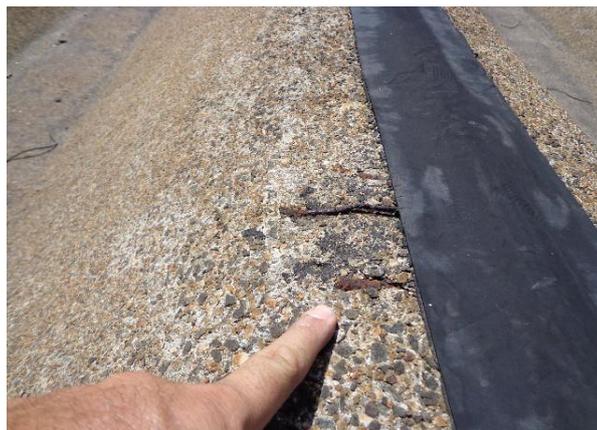


FIGURA 05 – PONTO DE CORROSÃO NA TELA DA TELHA DA COBERTURA.
FONTE: AUTORES (2016).

A Figura 06 demonstra a diferença que a telha possui em sua superfície. É possível notar que a parte protegida pelos domos translúcidos a qual não foi exposta com intensidade ao clima permanece com sua superfície em condições visuais melhores, com menos perda de seção em sua camada superior e sem muitos poros visíveis. Já a parte da telha exposta ao tempo demonstra uma aparência fragilizada, muita porosidade e grande perda de seção.



FIGURA 06 – COMPARATIVO DE DESGASTE.
FONTE: AUTORES (2016).

Os problemas em sua maior parte foram gerados em consequência da falta de manutenção na estrutura ao longo da sua utilização. Ainda a Figura 06 demonstra uma grande perda da camada impermeável.

Verificou-se que as telhas possuem um grande acúmulo de água e materiais orgânicos como folhas e lodo em sua superfície Figura 07, ocasionado pela existência de flechas e falta de limpeza.



FIGURA 07 – TELHAS COM ACUMULOS DE ÁGUA.
FONTE: AUTORES (2016).

Visualizou-se que os sistemas coletores de água da cobertura estão obstruídos, auxiliando no bloqueio da água sobre a superfície das telhas, deixando-as vulneráveis, facilitando a infiltração de fluidos pelos poros e fissuras existentes.

Avaliou-se as junções entre todas as telhas, as quais foram executadas com manta butílica notando que se encontram deterioradas, com rasgos e descolamentos. Por este motivo chega-se ao resultado de que a percolação de água pelas juntas das telhas pode ser oriunda destes desgastes naturais que aconteceram ao longo de sua utilização.

4.2 AVALIAÇÕES DE DEFORMAÇÃO DAS TELHAS

Após análise, foram encontrados resultados de deformações para as telhas W de toda a cobertura. Sendo as deformações negativas (-) representadas para telhas que possuem flecha e deformações positivas (+) para telhas com contra flechas.

Para possibilitar a visualização dos posicionamentos das deformações coletadas In-loco, foi elaborado um croqui conforme apresentado na Figura 08, sendo identificada cada uma das telhas com seus respectivos nomes as quais compõe a cobertura e quais foram às deformações (“D”) encontradas para cada uma delas.

F R E N T E	B	T41	D=-3MM	T22	D=-1MM	T01	D=-3MM	B	
	A	T42	D=-2MM	T23	D=+1MM	T02	D=-1MM	A	
	L	T43	D=+1MM	T24	D= 0MM	T03	D=+1MM	L	
	A	T44	D=+1MM	T25	D=+9MM	T04	D=-6MM	A	
	N	T45	D=-3MM	T26	D=+4MM	T05	D=-7MM	N	
	C	T46	D=+4MM	T27	D=+5MM	T06	D= 0MM	C	
	O	T47	D=+7MM	T28	D=+7MM	T07	D=-1MM	O	
	T08	"domos"					T08	"domos"	
	T48	D=+4MM	T29	D=-4MM	T09	D=-5MM			
	T49	D=+1MM	T30	D=+2MM	T10	D=-1MM			
	T50	D=-2MM	T31	D=+3MM	T11	D=+2MM			
	T51	D=+3MM	T32	D=+8MM	T12	D=+3MM			
	T52	D=+5MM	T33	D=+7MM	T13	D=+3MM			
	T53	D=+3MM	T34	D=+3MM	T14	D=-1MM			
	T15	"domos"					T15	"domos"	
	T54	D=+4MM	T35 TELHA COLAPSADA		T16	D=+3MM			
	T55	D=+9MM	T36	D=+4MM	T17	D=-9MM			
	T56	D=-1MM	T37	D=+1MM	T18	D=+3MM			
	T57	D= 0MM	T38	D=+2MM	T19	D=+3MM			
	T58	D=-2MM	T39	D=+8MM	T20	D=-2MM			
	T59	D=-3MM	T40	D=-1MM	T21	D=-6MM			
						F U N D O S			

FIGURA 08 – REPRESENTAÇÃO DAS DEFORMAÇÕES.
FONTE: AUTORES (2016).

4.3 MAPEAMENTOS DAS FISSURAS

As fissuras identificadas visualmente na cobertura foram representadas em um croqui, conforme (FIGURA 09).

F R E N T E	B	T41		T22		T01		B
	A	T42	—	T23		T02	—	A
	L	T43		T24		T03		L
	A	T44		T25		T04		A
	N	T45		T26		T05		N
	C	T46		T27		T06		C
	O	T47		T28		T07		O
	T08	—					T08	
	T48		T29		T09			
	T49	—	T30	—	T10			
	T50	—	T31	—	T11			
	T51	—	T32		T12			
	T52		T33		T13			
	T53		T34		T14			
	T15	—					T15	
	B	T54	—	T35 TELHA COLAPSADA		T16		
	A	T55		T36		T17	—	
	L	T56		T37		T18	—	
	A	T57		T38		T19		
	N	T58	✓	T39	—	T20		
	C	T59	—	T40	—	T21	—	
							F U N D O S	

FIGURA 09 – MAPEAMENTO DAS FISSURAS.
FONTE: AUTORES (2016).

As fissuras notadas podem ter sido causadas por vários motivos entre eles podem-se citar a esbeltes das peças, falhas no processo de fabricação, armazenamento, transporte, montagem ou até mesmo falta de manutenção. Sendo as mesmas identificadas como fissuras pelos limites estabelecidos na NBR 15575/2010 com aberturas inferiores a 0,6mm.

Mesmo com todos os motivos não há como afirmar o aparecimento destas fissuras, pois a estrutura possui uma idade de uso avançada o que impossibilitou o acesso aos projetos, processos de fabricação, métodos de montagem e como foram feitos os transportes das peças até o local da obra.

4.4 AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE DO CONCRETO

Para avaliar a Carbonatação foram verificadas 15 telhas da cobertura, retirando-se amostras de suas seções transversais e aplicando-se solução de fenolftaleína para obter o valor do pH e verificar se existiam condições favoráveis para o processo de Carbonatação.

A Figura 10 representa uma telha da cobertura, onde foi extraída uma parte de um extremo da telha e aspergido a solução de fenolftaleína e verificando o seu pH, tendo o resultado de que a peça estava em condição favorável para a proteção da armadura, não perdendo sua passividade.



FIGURA 10 – VERIFICAÇÃO DA CARBONATAÇÃO E PH DO CONCRETO.
FONTE: AUTORES (2016).

Já na Figura 11 a aspersão se deu em uma amostra da telha colapsada onde pela coloração apresentou resultado do pH acima de 9,5.



FIGURA 11 – VERIFICAÇÃO DA CARBONATAÇÃO E PH DO CONCRETO DA TELHA COLAPSADA
FONTE: AUTORES (2016).

Assim mesmo com a estrutura possuindo alguns pontos com aglomeração de água sob sua superfície o que auxiliar no processo de Carbonatação, observou-se pelos ensaios de fenolftaleína que não há problemas com durabilidade do concreto oriundos de ataques por carbonatação, o que nos permite descartar tal hipótese.

Retirou-se cinco amostras distribuídas pelo galpão para a determinação de íons cloreto nas telhas W. Os resultados das amostras variaram de 0,02245 a 0,04523. Sabendo-se que a norma NBR 12655/2015 estabelece que o valor máximo de íons cloreto em relação à massa de cimento deve ser de 0,05%, baseado nos resultados supõe-se que o problema do colapso da telha não se deu por penetração de íons cloreto.

4.5 MANUTENÇÃO

As manutenções são necessárias para garantir o estado de qualidade mais próximo do original das peças devendo ser realizadas pelas empresas que fazem o uso da edificação. As manutenções devem ser indicadas pelos fabricantes e que aconteçam dentro dos prazos estabelecidos para que a estrutura não venha sofrer problemas.

Neste estudo os diagnósticos obtidos mostram que todas as telhas que compõem a cobertura possuem algum tipo de deterioração ou inconformidade, muitas delas ocasionadas pela falta de manutenção preventiva, não realizada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização de todos os ensaios foram verificadas que as telhas protendidas tipo W encontram-se com a sua qualidade/durabilidade dentro dos limites, atendendo as especificações.

As telhas apresentam variações entre si em relação às deformações encontradas, mostrando assim uma variabilidade do produto ou lote de produção, pois não foram identificadas sobrecargas que justificassem tal acontecimento, visto que todo o telhado esta sujeito às mesmas condições de uso.

Ainda não há como afirmar que houve falhas no processo de fabricação, transporte ou montagem que ocasionaram as fissuras, mesmo com estas se encontrando em sua maior parte nas regiões próximas aos apoios, e somente uma delas se posicionando de forma transversal a telha, pois com todos os problemas as telhas cumpriram seu papel por 25 anos.

Por eliminação das hipóteses presume-se que o colapso deu-se em função da corrosão pontual do aço, pois visualmente na telha colapsada notou-se que a cordoalha possuía corrosão em apenas um ponto localizado e a tela da mesma se encontra íntegra.

Foi possível chegar ao resultado de que a cobertura encontra-se em condições de exercer sua função estrutural, contudo necessita de reparos emergenciais urgentes em sua camada superficial devendo ser recomposta, reconstituição da camada de impermeabilização e limpeza de todo o sistema de drenagem, resultando em proteção eficaz contra a ação de agentes agressivos.

O colapso poderia ter sido evitado com a utilização de um sistema periódico de manutenção, pois telhas Protendidas necessitam de uma atenção especial e estão sujeitas a cargas de tensão permanente e a água infiltrando por fissuras oriundas de qualquer anomalia deixa a peça vulnerável e com grandes probabilidades de corrosão pontual sobre tensão.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575/2010: **Edificações habitacionais – Desempenho - Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais**. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5733/1991: **Cimento Portland de alta resistência inicial**. 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118/2014: **Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7197/1989: **Projeto de estruturas protendidas — Procedimento**. 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062/2006: **Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado**. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655/2015: **Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento**. 2015.

ACKER, Arnold Van. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**, 2002. Disponível em <http://www.ceset.unicamp.br/~cicolin/ST%20725%20A/mpf.pdf>. Acesso em 14/11/2015.

ANDRADE PERDRIX, Maria del Carmen. **Manual Para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras**, São Paulo: Editora Pini, 1992.

DALLEDONE, Roberto. Apostila curso de especialização em engenharia Civil, disciplina **Tópicos em concreto protendido I**, 1996.

HANAI, JOÃO BENTO **Fundamentos do Concreto Protendido**, São Paulo: Universidade De São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 2005.

HELENE, Paulo. **Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto**, São Paulo: Editora Múltipla, 2003.

J. MOLINA, Júlio Cezar. **Coberturas em estrutura de madeira**, 1º ed. São Paulo: PINI 2010.

LEONHARDT, Fritz. **Construções de concreto, concreto protendido**. Vol. 5, Rio de Janeiro. Inter ciência, 2007.

MAZER, Wellington. **Estudo e Projeto de Estruturas Planas protendidas**. UFPR, 1997.

MELO, Carlos Eduardo Emrich. **Manual Munte de projetos em pré-fabricados de concreto**. 2 ed. São Paulo: PINI, 2007.

MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P. J.M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. 2. ed. São Paulo: Editora Pini, 1994.

NEVILLE, Adan M. **Propriedades do concreto**. 2. ed. São Paulo: Editora Pini, 1997.

PFEIL, Walter, **CONCRETO PROTENDIDO**, Rio de Janeiro: LIVROS TÉCNICOS E CIENTIFICOS, 1980.

SILVA, Patrícia Ribeiro. **Influência de adições minerais e aditivo impermeabilizante interno no desempenho de telhas protendidas pré-fabricadas em concreto**, 2011.