

Inspeção ao convento de Santa Clara de Asís em Havana. Estudo do seu estado de conservação e propostas de intervenção

J. L. Guevara^{1*} , Y. A. Toirac¹ , C. M. C. Marisy¹ 

* Autor de Contato: jlopezg@civil.cujae.edu.cu

DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i2.354>

Recepção: 26/10/2017 | Aceitação: 29/05/2018 | Publicação: 30/04/2019

RESUMO

As treliças do Coro alto do Convento de Santa Clara de Assis têm sido vítimas da umidade, do ataque de agentes bióticos e abióticos que causaram sua degradação gradual. Para a identificação dos processos patológicos associados a esses agentes e pelo seu caráter patrimonial, foi realizado um estudo diagnóstico baseado em inspeção organoléptica e ensaios superficiais com os instrumentos disponíveis, que permitiram identificar o problema e fazer um diagnóstico. Modelando a estrutura no programa SAP 2000, foram encontradas as solicitações as quais os elementos estruturais estão submetidos. Com isso foi proposta a solução dos problemas patológicos, principalmente a intervenção para corrigir a perda do vínculo entre a viga e o tirante.

Palavras-chave: processos patológicos; caráter patrimonial; inspeção organoléptica; ensaios superficiais; modelar.

Citar como: Guevara, J. L., Toirac, Y. A., Marisy, C. M. C. (2019), “*Inspeção ao convento de Santa Clara de Asís em Havana. Estudo do seu estado de conservação e propostas de intervenção*”, Revista ALCONPAT, 9 (2), pp. 228 – 246, DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i2.354>

¹ Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echevarría, La Habana, Cuba

Informações legais

Revista ALCONPAT é uma publicação trimestral da Associação Latino-Americana de Controle de Qualidade, Patologia e Recuperação de Construção, Internacional, A.C., Km. 6, antiga estrada para Progreso, Merida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Website: www.alconpat.org

Editor responsável: Dr. Pedro Castro Borges. Reserva de direitos de uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos concedidos pelo Instituto Nacional de Direitos Autorais. Responsável pela última atualização deste número, Unidade de Informática ALCONPAT, Eng. Elizabeth Sabido Maldonado, Km. 6, antiga estrada para Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310.

As opiniões expressas pelos autores não refletem necessariamente a posição do editor.

É totalmente proibida a reprodução total ou parcial dos conteúdos e imagens da publicação sem autorização prévia do ALCONPAT International A.C.

Qualquer discussão, incluindo a resposta dos autores, será publicada no primeiro número do ano 2020, desde que a informação seja recebida antes do fechamento do terceiro número do ano de 2019.

An approach to the convent of Santa Clara de Asís in Havana. Study of its conservation status and intervention proposals

ABSTRACT

Santa Clara de Asis Convent High Choir timber truss has been victim of humidity and attack of abiotic and biotic agents which have caused its gradual degradation. For the identification of pathological processes associated with these agents and because of its patrimonial character, a diagnosis study based on an organoleptic inspection and superficial tests was carried out with the available instruments, which allowed identifying the causes. By modeling the structure with SAP 2000 program, we obtained the results that were used to calculate the solutions proposed for the identified pathologies, mainly for the loss of connection between the wall plate and the tie rod beam.

Keywords: pathological processes; patrimonial character; organoleptic inspection; superficial tests; modeling.

Un acercamiento al convento de Santa Clara de Asís de La Habana. Estudio de su estado de conservación y propuestas de intervención

RESUMEN

La armadura del Coro alto del Convento de Santa Clara de Asís ha sido víctima de la humedad, y del ataque de agentes bióticos y abióticos que han provocado su paulatina degradación. Para la identificación de los procesos patológicos asociados a estos agentes y por su carácter patrimonial se realizó un estudio de diagnóstico basado en una inspección organoléptica y en ensayos superficiales con el instrumental disponible, que permitieron identificar las causas. Mediante la modelación de la estructura en el programa SAP 2000 se obtuvieron las solicitaciones a las que se encuentran sometidos los elementos a intervenir y con el resultado se calcularon las soluciones propuestas para las patologías identificadas, fundamentalmente para la pérdida del vínculo entre la solera y el tirante.

Palabras clave: procesos patológicos; carácter patrimonial; inspección organoléptica; ensayos superficiales; modelación.

1. INTRODUÇÃO

Em Havana, iniciou-se um projeto de resgate do convento de Santa Clara de Asis, em Havana Velha, para ligar o passado, o presente e o futuro deste edifício longevo, através de um processo de conservação, preservação e reabilitação do patrimônio herdado pela humanidade, para que seja integrado na vida contemporânea.

O convento localizado no Centro Histórico da capital cubana, com seu coro alto como visto na "Figura 1", era, pelo dizer de Pedro Herrera "a primeira estrutura não militar de escala monumental que foi construída em Havana, quando o cenário urbano da cidade velha sofreu uma transformação definitiva" (López, 2006)



Figura 1. Igreja do convento de Santa Clara, ao fundo o Coro alto.

As treliças de pares do primeiro claustro do convento de Santa Clara são considerada a mais antiga preservada em Havana Velha e quanto a esse tipo de telhado, o melhor exemplo para suas soluções não convencionais. Essas estruturas, devido à sua composição, foram expostas ao ataque de agentes externos, sejam eles bióticos ou abióticos, que agem de forma agressiva, causando sua degradação. Com esta investigação é feito um estudo do atual estado de deterioração apresentado pela treliça do coro alto do convento e propostas de técnicas de intervenção, tradicionais ou atuais, visando recuperar e melhorar a capacidade estrutural das estruturas de madeira do convento de Santa Clara de Assis, sendo uma obra do século XVII e considerada Patrimônio Cultural da Humanidade com grau de proteção 1, concedida pelos regulamentos urbanos da Velha Havana. Este sistema construtivo representa uma herança valiosa. Conservá-lo contribui ao resgate da identidade cultural da nação.

2. TRELIÇAS DE MADEIRA MAIS ANTIGAS PRESERVADAS NA VELHA HAVANA

Em seu artigo *As treliças dos pares em Havana Velha*. O privilégio de sua conservação, a Dr. Felicia Chateloin afirma que "o convento de Santa Clara pode ser considerado o exemplo mais importante da construção de Havana em que as treliças de pares foram usadas. Seu estudo é importante, não apenas pela idade, qualidade e variedade de seus telhados, mas também pelo número, não igualado por nenhum outro edifício "(Santiesteban, 2007).

No primeiro claustro destacam-se os tetos em caixotões que cobrem a maior parte dos recintos em seu andar superior, e se distinguem pela elegância das proporções, bem como pelo tamanho de seus principais elementos, os da nave da igreja e seu coro "(Espiniella, 2001, Arduengo e Cruz, 2012). Em Cuba, a maioria dos telhados inclinados de madeira do período colonial é descendente da treliça de origem mudéjar. Por muito tempo autores como Joaquín Weiss (Weiss, 1978) referiram-se a este tipo de treliça como alfarjes, mas Felicia Chateloin chama a atenção para o erro ao usar este termo nas treliças de pares, "hoje reconhecemos que este termo deve se restringir aos tetos planos decorados, devem ser corretamente denominados 'treliça de pares' pelo seu sistema estrutural. Foi a treliça de pares, e não os alfarjes, que caracterizaram os telhados e tetos da Havana colonial dos séculos XVII e XVIII "(Santiesteban, 2007).

2.1 Caracterização construtiva e estrutural da treliça do coro alto da igreja

O teto do coro superior consiste em pares ou alfordas, ver "Figura 2" em série de dois que começam do estribo, marco perimetral da estrutura e atingem a viga de fileira ou cumeeira formando quatro abas. De acordo com os critérios de especialistas (Santiesteban, 2007), em salas com vãos maiores que 10 m, os pares terão uma seção aproximada de 14 x 17 cm. As alfordas são unidas horizontalmente, a dois terços da altura, pelas juntas determinando o harneruelo, pelo que o perímetro interior do teto é um trapézio. Por esta última característica pode ser classificada como uma treliça de par e junta e como um conjunto estrutural trabalhado à compressão. "Nestes tetos a fileira não está à vista e pode ou não se apoiar em transversinas. A junta tem uma seção de dimensões iguais ou muito semelhantes às do par de sua treliça" (Santiesteban, 2007)



Figura 2. Elementos estruturais da treliça do coro alto do convento.

Os pares são apoiados nas paredes por meio do estribo, marco estrutural do sistema, em templos religiosos sua seção pode ter 35 x 30 cm ou mais, é responsável por receber os esforços horizontais transmitidos pelos pares (Santiesteban, 2007). Para enrijecer a estrutura, o estribo é travado com vigas transversais ou 'tirantes' que trabalham à tração e formam um triângulo junto com os pares, essas vigas de seção 15 x 20 cm aproximadamente são unidas por pequenos pedaços chamados ligaduras, constituindo o que se denomina tirantes pareados, veja "Figura 3", no espaço entre elas e metade do vão apresenta um polígono estrelado com função decorativa. O objetivo dos tirantes pareados geralmente é fazer a amarração das soleras que são constituídas por tramos.



Figura 3. Tirantes paralelos.

Nos ângulos do local, na "Figura 4", observam-se os "quadrados", que estão unidos ao estribo, que têm uma função de enrijecimento e, como os tirantes, trabalham à tração (Santiesteban, 2007). Os quadrados estão dispostos a 45 ° (Matauco, 2000). As molduras que suportam os quadrados são esculpidos paralelamente às paredes adjacentes, o que torna as frentes mais visíveis.



Figura 4. Cuadral, apoio transversal e apoio de canto.

3. ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA O DIAGNÓSTICO

A metodologia realizada para o estudo das manifestações patológicas na treliça foi feita a partir do estudo de metodologias propostas por diferentes autores (Álvarez et al., 2005); (Basterra et al., 2005); (Garófalo, 2000); (Otaño, 2002); (Rodríguez, 2006). "Uma análise integral do problema, abordará sempre a análise do ambiente próximo ao edifício, os problemas e suas manifestações deformativas e sua incidência casuística. A conservação ou proteção necessária vai desde o prédio para a cidade e desta para aquela, como todo processo que funciona como um sistema "(Otaño, 2002).

A metodologia diagnóstica definida por esses autores consiste em três etapas fundamentais, primeira: caracterização do objeto de estudo, segunda: inspeção organoléptica e terceira: exames superficiais. Na primeira etapa é feita uma primeira abordagem ao trabalho, busca e revisão bibliográfica para coletar informações sobre os antecedentes do edifício, características do sistema e seus componentes. A segunda etapa consiste no reconhecimento da propriedade e seu entorno, com base em uma inspeção organoléptica rigorosa e detalhada que permite estabelecer o estado geral de conservação da estrutura; a inspeção será apoiada por esboços nos quais foram elaborados eixos de coordenadas para melhor delimitar as áreas das instalações e facilitar a descrição e representação subsequentes das manifestações patológicas identificadas. Também será acompanhado de documentação fotográfica para demonstrar a manifestação patológica referida. Na terceira etapa, as técnicas e instrumentos para a realização de ensaios não destrutivos são definidos para permitir uma análise mais detalhada dos processos patológicos que estão ocorrendo na estrutura. Nesta etapa são avaliados parâmetros ambientais que podem influenciar as manifestações patológicas observadas, ensaios in situ são realizados como a medida da umidade ambiental, superfície dos elementos e temperatura, no laboratório é realizada a identificação anatômica das espécies e dos organismos xilófagos. Este diagnóstico final é feito com o objetivo de confirmar ou rejeitar as hipóteses elaboradas na segunda etapa.

Para realizar o diagnóstico, a numeração dos elementos que compõem a estrutura do Coro alto é mostrada nos esboços da "Figura 5". A enumeração dos pares foi realizada de forma independente em cada retalho; enquanto os componentes foram definidos de acordo com a articulação que correspondia em cada caso e foi contada a partir do início da treliça nas paredes na direção da aresta. Os apoios, quadrados, arquivos e vigas de tirante (elementos que podem ser observados na "Figura 6") foram enumerados consecutivamente a partir dos elementos localizados na intersecção dos eixos B'-1, e no sentido de rotação. no sentido horário, veja "Figura 5".

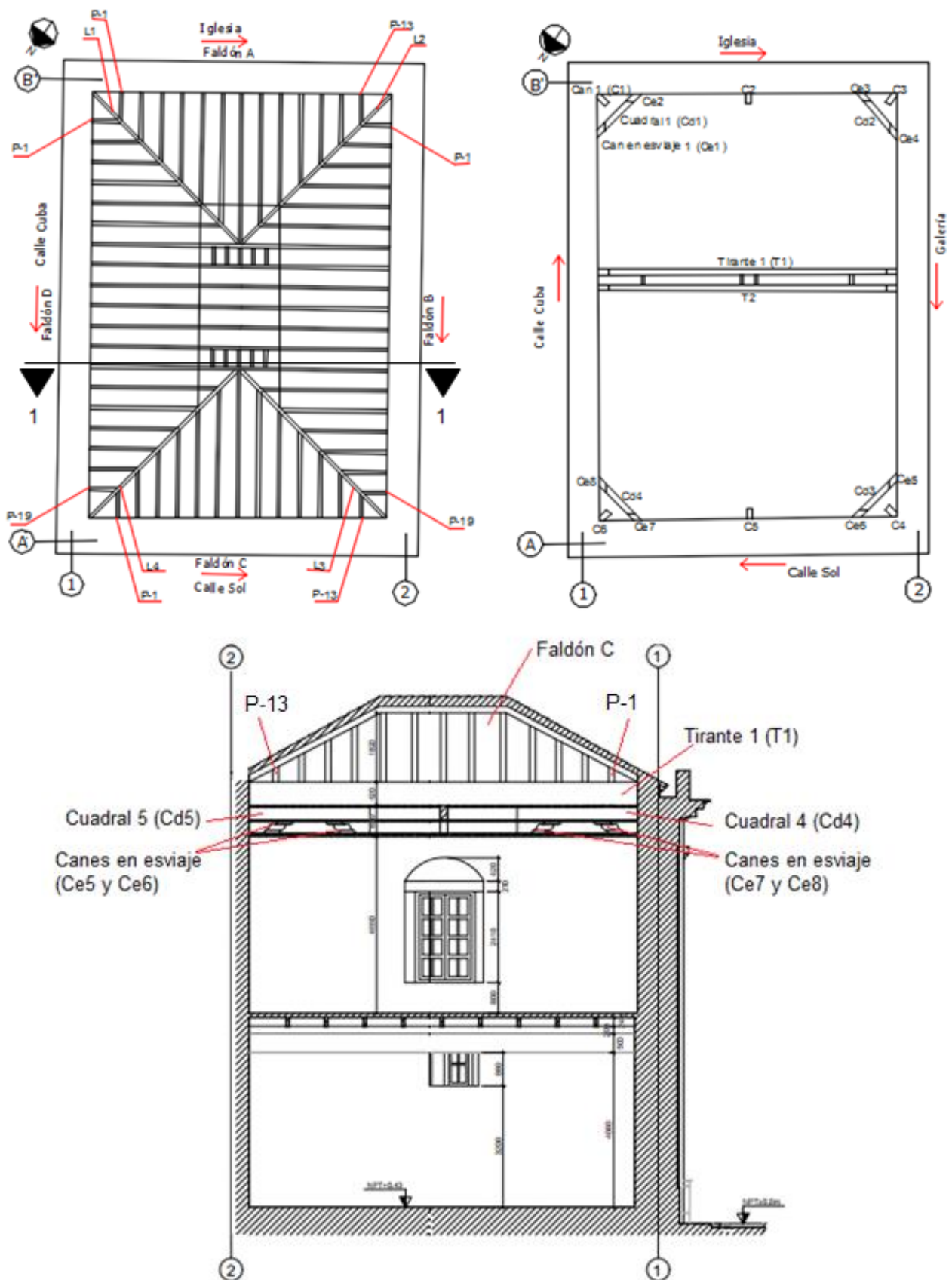


Figura 5. Nomenclatura e numeração dos elementos do coro alto no plano arquitetônico e na seção transversal 1-1.

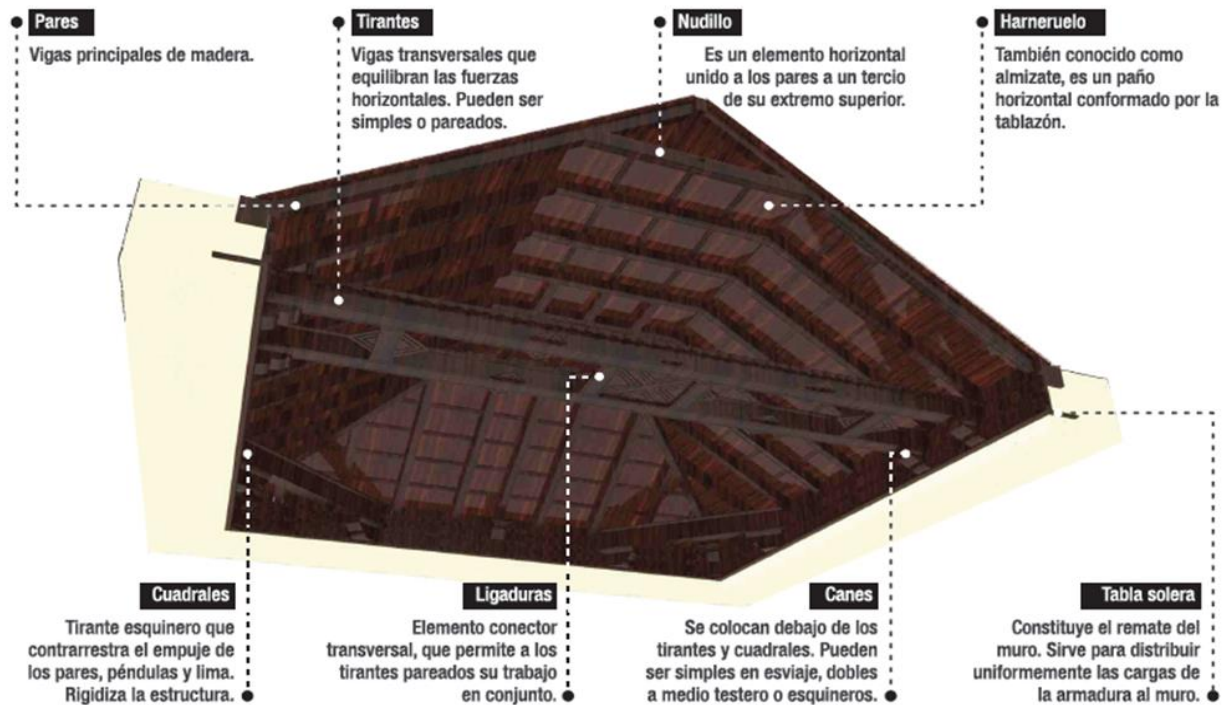


Figura 6. Elementos componentes do par e da treliça da junta do coro alto. (Autores: Arq Dayana Espinosa Ruiz Arq Arq Lillian Potts e Linnet Valdés Rodríguez Rivero)

3.1 Inspeção visual do coro alto

A primeira inspeção à estrutura mostrou o evidente abandono a que está sujeita e o nível de deterioração devido à ausência de manutenção. A sujeira pode ser vista nas paredes como resultado do acúmulo de poeira, fuligem e matéria orgânica, como resultado da proximidade da Avenida del Puerto e da passagem de veículos motorizados pelas ruas circundantes.

Uma alta umidade ambiental é percebida no local. Além disso, verificou-se que a construção foi exposta por períodos prolongados à água em excesso devido a vazamentos do telhado, que se evidencia por fungos verdes e manchas de escuridão nas paredes, ver "Figuras 7-10". Estas infiltrações podem causar sérios danos à madeira, acelerando o processo de putrefação e nas paredes de taipas, devido ao fato de que, pela sua própria constituição, tendem a reter muita umidade.



Figura 7 e Figura 8. Fungos na parede da galeria no eixo 2 do Coro.



Figura 9. Parede no eixo A com escorrimentos



Figura 10. fungos verdes no eixo 2.

Devido à proliferação de plantas hospedeiras na cobertura, desenvolveram sistemas de raízes que penetram nas paredes de taipas, veja a "Figura 11", e podem influenciar na sua fissuração.



Figura 2. Raízes do eixo A das plantas hospedeiras na cobertura.

Os grupos de morcegos que estão no teto das instalações, veja a "Figura 12", colaboraram para a sujeira das paredes e das instalações em geral com seus excrementos e restos de comida, veja "Figura 13". Embora o desempenho desses quirópteros em algumas situações seja benéfico para os seres humanos, como a manutenção e a regeneração de florestas, tendo um papel importante na dispersão de sementes, eles podem se tornar uma praga quando instalados em locais que não constituem seu habitat Natural.

Os excrementos de morcegos contêm ácidos que produzem problemas nas paredes de natureza estética, devido ao seu acúmulo. Além disso, eles podem afetar a saúde humana criando um ambiente propício ao desenvolvimento de uma sucessão ecológica completa de microrganismos, começando com o crescimento de bactérias, fungos e finalmente a proliferação de insetos xilófagos.



Figura 12. Presença de morcegos.



Figura 13. Sujeira nas paredes produto de excrementos de morcego e no local produto dos restos de sua comida.

Fissuras e rachaduras verticais são observadas, variando entre 1-2 cm de espessura e uma profundidade de 3-4 cm, especialmente nas juntas entre paredes, veja "Figura 14". Essas fissuras podem ser o resultado de um acidente, causado pelo empuxo da estrutura de madeira, já que fissuras horizontais também são mostradas na parte inferior da parede, veja "Figura 15".



Figura 3. Fissura de 2 cm de abertura na intersecção dos eixos A-1



Figura 4. Fissuras horizontais na parte inferior da parede (eixo 1).

Por se tratar de um material de origem orgânica, a madeira é exposta ao ataque de diferentes agentes, tanto bióticos como abióticos, que influenciam na sua degradação e na perda de sua resistência na maioria dos casos. Os agentes abióticos são do tipo físico e / ou químico e são causados por fenômenos climáticos ou meteorológicos, como radiação solar, umidade, chuva, vento, entre outros (Colectivo de autores, 1998).

Segundo a Corporação Chilena de Madeira (CORMA), para o desenvolvimento e subsistência de agentes biológicos, são necessárias certas condições, como a existência de fonte de alimento para nutrir, uma faixa de temperatura ideal para seu desenvolvimento entre 3°C e 50°C, sendo ótimo em torno de 37°C. Para que a madeira seja suscetível ao ataque de fungos, a umidade deve oscilar entre 20% e 140%, pois abaixo de 20%, o fungo não pode se desenvolver, e acima de 140% de umidade, não há oxigênio suficiente para que ele possa viver. Com as condições descritas acima, a madeira é exposta ao ataque biológico, e alterações significativas podem ocorrer na resistência mecânica da madeira ou na sua aparência.

A ligação entre o tirante e o peitoril é o ponto mais crítico, pois seu mau funcionamento traz desalinhamentos ao telhado e a entrada de água (Garófalo, 2000, Rodríguez, 2003). Ocasionalmente, empuxos são produzidos na parede causados pelo tirante desprendido, dando

origem a fissuras horizontais que surgem a uma certa altura, mais visíveis no interior, acompanhadas por um deslocamento para fora das fiadas superiores. Nas imagens, veja "Figuras 16-19", se mostra a descida dos apoios que suportam os tirantes e os quadrados, a causa dessa deterioração pode estar associada à presença de umidade que causou a podridão dos elementos de tirante localizados dentro da parede, os elementos pararam de funcionar como antes e começaram a ceder. No caso dos apoios que suportam os tirantes, pode-se associar, além disso, à força que estão exercendo os tirantes.



Figura 16. Deslocamento do apoio sob o tirante 2 (T2), no eixo 2.



Figura 17. . Deslocamento de apoios sob os tirantes 1 e 2 (T1 e T2), no eixo 1.



Figura 18 e Figura 19. Deslocamento de apoios enviesados (Ce7 e Ce8) sob o quadrado 4 (Cd4).

3.2 Exame da estrutura de madeira do coro alto

Contou-se com o apoio do Grupo de diagnóstico do Escritório do Historiador para a realização dos ensaios de nível I e II (Rodríguez, 2006), que complementaram o estudo organoléptico realizado e permitiu um conhecimento mais próximo da real condição da estrutura. Como parte deste estudo, os seguintes ensaios foram realizados: medição das dimensões dos elementos que compõem o telhado (nível I), medição da umidade superficial, temperatura e umidade (nível I), sondagem com perfuração dos elementos de madeira (nível I), identificação de plantas superiores (nível I) e identificação anatômica da madeira (nível II) (laboratório).

Dimensionamento dos elementos.

Para determinar as esquadrias dos pares que compõem a estrutura de madeira e o espaçamento entre elas, uma vez que os projetos originais não estão disponíveis, foi utilizada uma linha como elemento de medição. As medições foram feitas no lado lateral e inferior dos elementos. A medição do espaçamento foi feita a partir da face interna dos pares. O esquema das medidas tomadas para esses elementos é mostrado na "Figura 20"

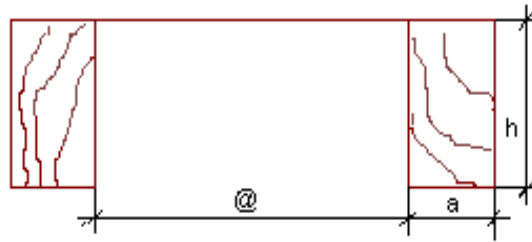


Figura 20. Forma de medir os pares

A Tabela 1 mostra a quantidade de elementos que a estrutura contém, bem como as faixas nas quais as dimensões das seções transversais oscilam de acordo com o tipo de peça e seu espaçamento.

Tabela 1. Dimensionando os elementos da estrutura de madeira do Coro alto.

Elemento	Quantidade	Seções		Espaçamento (@)	
		Largura (a)	Altura (h)		
Limas	4	17 cm	20-22 cm	-	
Pares	64	17 cm	20-22 cm	45-58 cm	
Quadrados	4	23-24 cm	30-31 cm	-	
Apoios	10	-	-	-	
Apoios enviesados	8	-	-	-	
Tirantes simples	2	T1	24.5 cm	31.5 cm	80 cm
		T2	22.5 cm	31.5 cm	

Umidade relativa e temperatura ambiente.

Os valores de umidade relativa foram medidos com termo-higrómetro, ver “Figura 21”, foram feitas leituras em diferentes pontos do local, controlados durante três meses (de Março a Maio de 2018) de modo que se possibilitou obter as possíveis variações nas leituras feitas, que evidenciam diferenças atmosféricas dentro do mesmo local. Os valores medido em todos os casos, são maiores do que 65% e as condições termohigrométricas são adequadas, isto é, existem no local temperaturas entre 20°C e 30°C, que favorecem o desenvolvimento de agentes de biodegradação e ajuda a acelerar os ciclos de vida de inúmeros microrganismos e insetos xilófagos que degradam a madeira.

Umidade da superfície.

O ensaio de umidade superficial permite conhecer o teor de umidade retido nas fibras do material, já que seu valor influencia as propriedades físicas do mesmo. Para a execução do ensaio, foi utilizado o Higrómetro Protimeter Surveymaster SM como equipamento, consulte "Figuras 22 e 23".



Figura 5. Termo-higrômetro.



Figura 6. Higrômetro Protimeter Surveymaster SM.



Figura 7. Medição da umidade superficial dos elementos.

O equipamento possui dois modos de medição: pela cor da barra de LED e pela leitura da porcentagem (%) de umidade contida na madeira. De acordo com a cor na barra, será verde quando estiver em um estado seguro de secagem ao ar, o amarelo representa a borda e vermelho quando a madeira estiver em uma condição desfavorável. A classificação dos níveis de saturação estabelecida pelo fabricante é mostrada na Tabela 2.

Tabela 2. Níveis de saturação estabelecidos pelo fabricante.

Cor	Nível de saturação da umidade superficial	Faixa de valores (%)
Verde (V)	Semi seco	6-8-10
Amarelo (A)	Umidade admissível	12-14
Vermelho (R)	Úmido	16-18-20
	Saturado	> 20

As medidas foram feitas nos pares, nas áreas próximas ao tirante e nos elementos mais expostos à umidade, registrando cinco leituras em cada medição. Para executá-lo, o equipamento é pressionado a uma profundidade nominal de 5-15 mm no elemento estudado e fornece leituras de umidade relativa contidas no material.

Valores superiores a 18% foram detectados em áreas específicas que confirmam a presença de umidade devido a vazamentos no telhado, que é uma das causas fundamentais dos problemas observados. Estas umidades na faixa de 18 a 20% e superiores criam um ambiente favorável para o crescimento de fungos e de outros organismos xilófagos que pode afetar as propriedades mecânicas da madeira.

No caso dos elementos onde foram encontrados problemas e não excederam estes valores, pode-se inferir que houve fases onde o aumento da umidade tem sido considerável, permitindo assim o aparecimento de agentes degradantes de madeira.

Sondagem com perfuração dos elementos de madeira.

O objetivo do presente ensaio é determinar a condição dos pares na área perto dos tirantes, conforme a medida obtida pela penetração de um perfurador graduado, ver "Figura 24". Este valor depende das características e da dureza específica do elemento de madeira que está sendo analisado. Quando a punção não penetra ou o faz superficialmente, isso significa que o elemento estudado está em boas condições. No entanto, valores mais altos de penetração (entre 2-5 cm) são obtidos se os elementos estiverem podres ou desfibrados. O resultado deste ensaio mostra que as lesões mais comuns identificadas são: desfibramento na região da cabeça dos pares e quadrados, na parte inferior e nas laterais de 70% dos pares que formam as abas do telhado, e outras lesões como fissuras, podridão, lascas e manchas de umidade.



Figura 24. Sondagem de elementos de madeira com punção graduada.

A "Figura 25" resume as lesões detectadas no Coro Alto, colocando-as em uma planta arquitetônica.

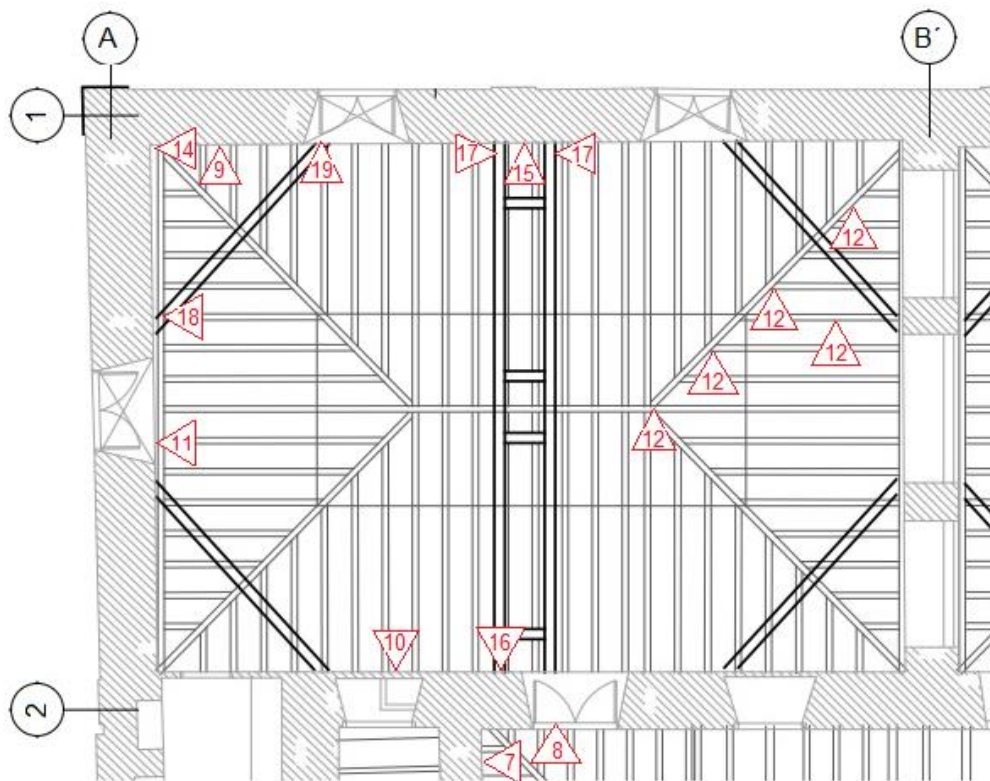


Figura 25. Planta arquitetônica do Coro Alto, onde estão localizadas as lesões associadas às Figuras 7-12 e 14-19.

Identificação de plantas superiores.

Foram tiradas fotografias das plantas hospedeiras que estão crescendo na cobertura, veja "Figuras 26 e 27". A identificação das plantas superiores foi realizada através da comparação com espécies presentes no herbário do laboratório de Biologia do Grupo Diagnóstico do Escritório do Historiador de Havana, a família botânica, o vernáculo e o nome científico foram obtidos (Coletiva de Autores, 1999); (Roig, 2014) e comportamento biológico (Pérez e Rodríguez, 2007); (Pérez, 2010)



Figura 26 e Figura 27. Plantas invasoras no telhado do Coro Alto.

As plantas identificadas são de porte herbáceo e de porte arbóreo, estes últimos têm raízes que podem penetrar paredes e produzir fissuras que continuam a desenvolver, alargando e criando novas tensões dentro das paredes (Perez, 2010).

As plantas de porte herbáceo, embora a sua ação mecânica é de menor incidência do que as de porte arbóreo, também desempenham um papel no desenvolvimento de lesões, pois contribuem para a deterioração química do substrato no qual crescem e a retenção de umidade, facilitando o crescimento de outras plantas com maior potencial. Portanto, é necessário saber a qual espécie ou grupo pertence o agente biológico, a partir da qual são traçadas as estratégias para a conservação do substrato deteriorado.

Identificação da espécies das madeiras.

Para realizar este ensaio, amostras aleatórias dos elementos de madeira foram retiradas para sua identificação, a fim de obter cortes histológicos nas direções transversal, tangencial e radial. A observação dos caracteres anatômicos foi feita com o uso de microscópio óptico de luz.

As amostras foram identificados pelo método da anatomia comparativa, que é baseada na comparação entre a morfologia macroscópica das amostras com madeiras padrões, previamente identificadas e classificadas na xiloteca do laboratório de Biologia do Instituto do Historiador. Os caracteres avaliados são: cor, textura, grão, brilho e odor (nas amostras que o possuem) e presença de anéis de crescimento (Carreras e Dechamps, 1995). As amostras foram retiradas da quadra 4, do apoio e da saia D; sendo obtido que o apoio enviesado 4, o friso da saia D e o arrocabe pertencem à espécie *Cedrela odorata*, ver "Figura 28" e a quadra4 pertence à espécie *Tectona grandis*, ver "Figura 29".

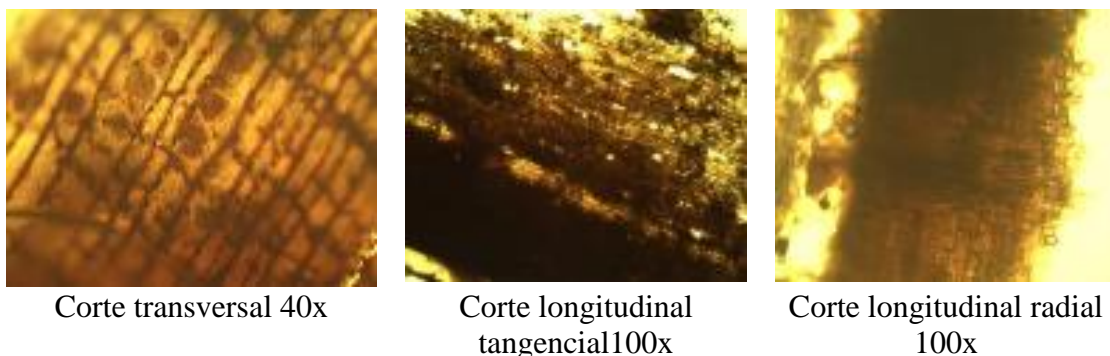


Figura 8. Cortes anatômicos da *Cedrela odorata*.

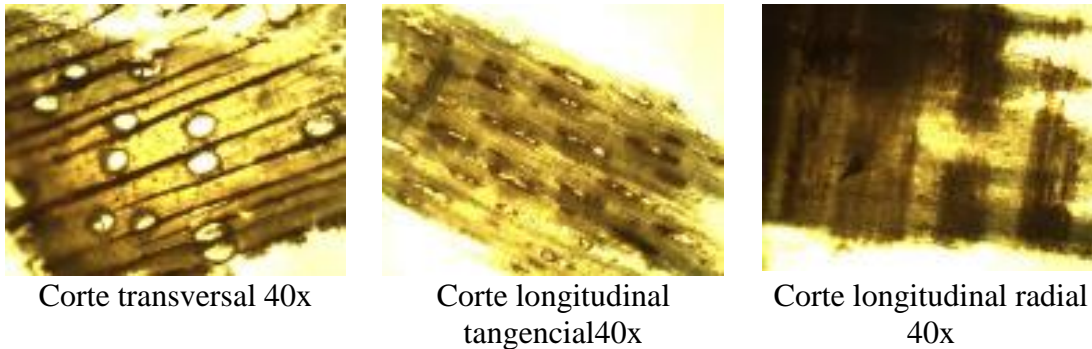


Figura 9. Cortes anatômicos da *Tectona grandis*.

Os cortes histológicos das amostras tomadas, nos sentidos transversal, longitudinal-tangencial e longitudinal-radial, que podem ser observados nas Figuras 28 e 29, permitem corroborar a partir da microscopia, de acordo com o padrão de parênquima da seção transversal, que é melhor apreciado que o parênquima radial, que as espécies madeireiras são cedro e teca, respectivamente. Uma vez identificadas as espécies, a Tabela 3 mostra suas propriedades físico-mecânicas, com base nas informações fornecidas pelo Instituto de Pesquisas Agroflorestais de Cuba, que serão utilizadas na modelagem estrutural no programa SAP 2000 e no cálculo dos reforços.

Tabela 1. Principais características mecânicas e físicas das madeiras identificadas.

Nome científico	Nome vulgar	Densidade (g/cm ³)	Módulo de elasticidade (kg/cm ² x1000)	Tração (kg/cm ²)	Flexão (kg/cm ²)	Compressão (kg/cm ²)		Cortante (kg/cm ²)
						Normal às fibras	Paralela às fibras	
Cedrela odorata	Cedro	0,37-0,75	78.10	690	667	-	302	40
<i>Tectona grandis</i>	Teca	0,61-0,74	110	850	1160-1450	-	513-685	63.2

4. VERIFICAÇÃO DAS CARGAS ATUANTES NOS TIRANTES

A estrutura foi modelada no programa SAP 2000, veja "Figura 30", levando em consideração para a análise das cargas o próprio peso dos materiais (NC 283: 2003), a carga de uso de cobertura (NC 284: 2003) e carga de vento (NC 285: 2006) de acordo com as combinações de carga da NC 450: 2006.

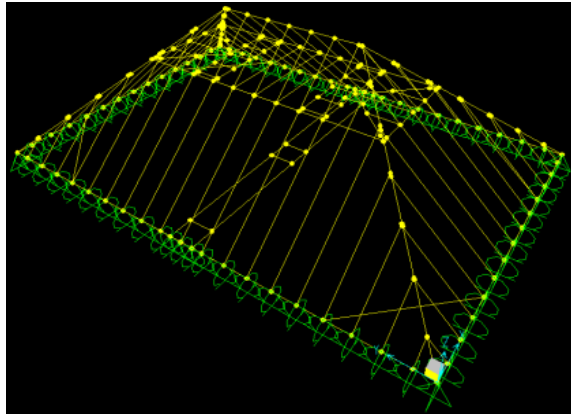


Figura 30. Modelo da estrutura no programa SAP 2000.

Resultados de modelagem para as tensões axiais no tirante 1: $NT1 = 60,15 \text{ kN}$ e no tirante 2: $NT2 = 52,49 \text{ kN}$, obtido da combinação mais desfavorável.

5. PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO

5.1 Solução para tirantes

Consiste em substituir a parte retirada da madeira, através da introdução de barras (aço ou de CPRF) em furos realizados na madeira e proceder à colagem das barras para que se adiram bem. Para o projeto foi considerada a tensão máxima axial, para ambos os tirantes, da combinação mais desfavorável obtida a partir da modelagem realizada no programa SAP 2000. Os diâmetros dos furos deve ser grandes o suficiente para deixar uma folga de cerca de 3 a 6 mm da barra, que será preenchida com epóxi.

Processo de execução: corte com motosserra ou serra da parte degradada da cabeça. Abertura de furos no tirante original e instalação das barras. Seleção e conformação da nova madeira a inserir, embutida para fazer a união com a soleira. Os orifícios são perfurados no novo inserto e a resina epóxi é aplicada nas barras. Por fim, é instalada a nova madeira a ser inserida, que deve atender aos requisitos de durabilidade para madeira de uso estrutural, como restrição de nós, fendas, controle de umidade de equilíbrio higroscópico, entre outros.

Esta solução pode ser executada com produtos da empresa italiana "materiais auxiliares para a construção e indústria" (Mapei, em sua sigla em italiano). Consiste em aplicar primeiro na madeira e nos furos para as barras, o produto Mapewood Primer 100, que é uma impregnador epoxídico de consistência fluida, deixa-se secar para depois aplicar nas barras e na madeira o produto Mapewood Paste 140, que é um adesivo epóxi de consistência tixotrópica muito eficaz em restaurar elementos estruturais de madeira.

5.2 Reforço usando fibras de carbono

É uma técnica atual de reforço de elementos estruturais, que é usada não só para recuperar estruturas de madeira, mas também concreto e alvenaria. Consiste em fixar ao elemento a ser reforçado, com o uso de resinas epoxídicas, placas de material sintético com fibra de carbono, com uma espessura de 1,2 mm a 1,4 mm e uma largura de 60 mm. O seu desempenho é geralmente dirigido para absorver as forças de tração, neste caso 60,15 kN obtidas como as mais desfavoráveis na modelagem realizada, geradas dada a sua elevada resistência a esta ação. As fibras possuem alta resistência estrutural em comparação com o seu peso praticamente desprezível e são resistentes à corrosão (Morocho, 2014). A desvantagem representada pela aplicação deste método é seu alto custo

5.3 Substituição da soleira por uma de madeira

A soleira é substituída por um dormente com as mesmas dimensões da retirada inicialmente (30x35cm), as uniões nos cantos são feitas a meia madeira e o comprimento da peça se realizará a cada 5 m por uma tala ou pino. A madeira a ser utilizada será a Manilkara valenzuelana (Acana) que é mais dura do que a madeira de cedro.

Projeto da ligação no comprimento.

A ligação no comprimento do elemento baseia-se numa chave de fixação que consiste em transmitir a tensão de tração (N_d) de uma peça a outra através de uma compressão paralela à fibra aplicada à frente com uma superfície b t "Figura 31". Passando também o esforço para toda a seção através de um esforço de esforço tangencial no plano de superfície "Figura 31" (Martitegui et al., 2009).

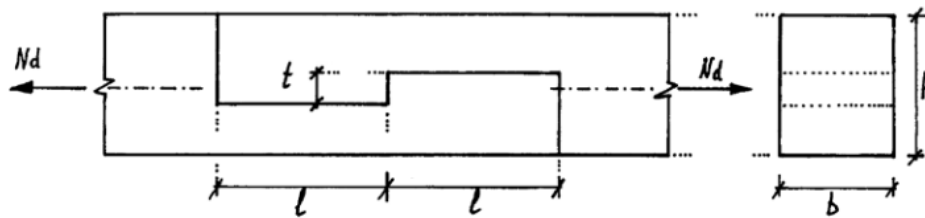


Figura 10. Ligação de chave. Fonte: (Martitegui et al., 2009)

Projeto da ligação de canto.

A ligação nos cantos será feita a meia madeira "Figura 32", reforçada com parafusos rosqueados como pode ser visto na "Figura 33", consistindo de um eixo formado por uma área roscada na ponta (corda) e uma seção lisa (cana)

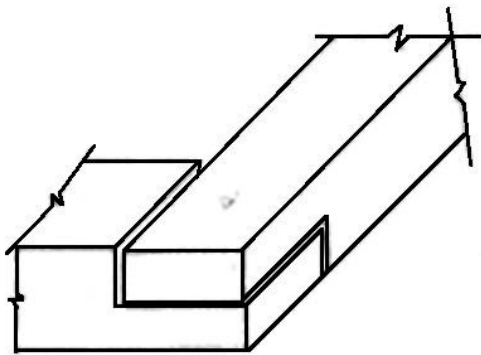


Figura 11. Ligação a meia madeira.
Fonte: (Martitegui et al., 2009).

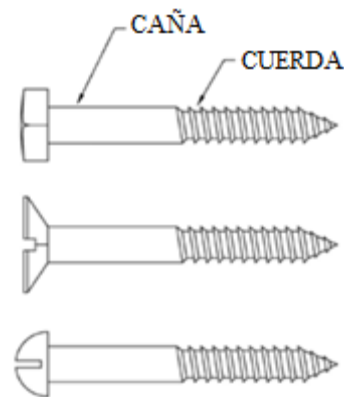


Figura 12. Parafusos com cabeça hexagonal, rebaixada e redonda (de cima para baixo).
Fonte: (Martitegui et al., 2009).

5.3 Substituição de tirantes por tensores de aço

Envolve a colocação de tensores de aço que absorverá a tensão do tirante original, que passarão através da soleira fixando-se por duas porcas e uma placa de metal para evitar o esmagamento da madeira. Usando os esforços axiais obtidos a partir da modelagem dos elementos no programa SAP 2000.

O projeto foi realizado considerando que, quando as barras são utilizadas como membros de tensão, elas podem ser mantidas em posição por meio de roscas com porcas (McCormac, 2002). A tensão

nominal para as hastes roscadas quando a rosca é incluída no plano de corte, de acordo com a Tabela J3.2 do Manual de Carga y Factores de Resistencia de Diseño (LRFD pela sua sigla em Inglês) é igual a $0.75F_u$. A probabilidade de falha destes elementos é levada em conta por fratura devido à redução de área causada pelas roscas.

Foram empregadas no projeto barras de aço A-36 com tensão de escoamento $F_y = 250\text{MPa}$ e tensão última $F_u = 400\text{Mpa}$. Foram analisados para o tensor mais carregado, embora dois tensionadores sejam colocados nas mesmas posições dos tirantes.

É conveniente limitar a $5/8''$ do diâmetro mínimo dos tensores (McCormac, 2002), uma vez que os de menor diâmetro, muitas vezes são danificados durante o processo de construção. Refere-se ainda que alguns projetistas empregam diâmetro não menor de $1/500$ do comprimento dos tensores, a fim de alcançar certa rigidez, mesmo quando os cálculos de tensão permitam diâmetros menores.

6. CONCLUSÕES

Das manifestações patológicas identificadas, as causas mais prováveis estão associadas ao excesso de umidade por vazamentos da cobertura que levaram à proliferação de organismos xilófagos. A lesão que mais afeta o comportamento do conjunto estrutural é a desarticulação ou perda da ligação soleira-tirante, causada pelo apodrecimento destes elementos na área do entalhe, causando o empuxo da parede de fachada e sua conseqüente falha, evidenciada em fissuras verticais na interseção dos eixos e fissuras horizontais na parede do eixo 1 do coro alto. Em geral, a estrutura está em um estado regular.

A solução proposta para resolver a lesão principal foi a substituição da soleira por outra de madeira e os tirantes por tensores de aço, que serão revestidos novamente em madeira para afetar minimamente a estética e beleza da propriedade que constitui um valor patrimonial.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer aos especialistas do Escritório do Historiador de Havana: a empresa de projetos RESTAURA, o Departamento de Diagnóstico e a Gerência de Investimentos que confiaram em nosso serviço para realizar este trabalho e por toda a colaboração e disponibilidade fornecidas. Agradecemos a colaboração das arquitetas Dayana, Lillian e Linnet.

8. REFERÊNCIAS

Álvarez, L., Basterra, A., Casado-Sanz, M., y Acuña-Rello, L. (2005), “Aplicación del resistógrafo al diagnóstico de elementos singulares en estructura de madera” en I jornadas de investigación en construcción (2-4 de junio de 2005. Madrid, España). Madrid, España: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja – CSIC. 165-181.

Arduengo García, D. A., Cruz Pérez, A. (2012), *Una nueva lectura del antiguo convento de Santa Clara de Asís desde la arqueología y la historiografía*. Arquitectura y Urbanismo, 33(1), 77-90. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-58982012000100006&lng=es&tlng=es.

Basterra, L. A., Casado, M., Acuña, L., Ramón-Cueto, G., López, G., Barranco, I., Relea, E. (2005). *Avance de propuestas metodológicas para el diagnóstico y análisis de estructuras de maderas históricas*. In Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción: Cádiz (pp. 27-29).

Carreras, R., Dechamps, R. (1995). *Anatomía de la madera de 157 especies forestales que crecen en Cuba y sus usos tecnológicos, históricos y culturales*. v. 1: El texto, v. 2: Las láminas.

- DCTA-UPM (1998), "*Tratado de rehabilitación: Patología y técnicas de intervención. Elementos estructurales*". Tomo 3, Ed. Munilla-Leria.
- Espiniella, D. T. (2001). *Del barroco colonial cubano. Su expresión en la arquitectura religiosa de La Habana*. In Actas III Congreso Internacional del barroco americano: Territorio, Arte, Espacio y Sociedad: Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, 8 al 12 de octubre de 2001 (p. 71).
- Instituto de Ecología y Sistemas de Cuba (1999), *Cuba y sus árboles*. Editorial Academia La Habana. ISBN: 959-02-0252-7
- López, P. A. H. (2006). *El Convento de Santa Clara de La Habana Vieja* (R. y. M. C. Centro Nacional de Conservación Ed.). La Habana Vieja. Cuba: Consejo Nacional de Patrimonio Cultural.
- Martitegui, F. A., González, G. Í., Herrero, M. E., Álvarez, R. A., Cabo, J. L. F. (2009). *Diseño y cálculo de uniones en estructuras de madera*. Documento de aplicación del Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento Técnico 03: MADERIA. Sociedad Española de la Madera.
- Matauco, E. N. (2000). *La carpintería de armar española*. (Munilla-Lería Ed.). Ministerio de Cultura, Instituto de Conservación y Restauración de bienes culturales. España.
- McCormac, J. C. (2002). *Diseño de estructuras de acero. Método LRFD* (S. A. d. C.V. Alfaomega Grupo Editor Ed. 2ª edición ed.).
- Morocho, D. E. E. (2014). *Reforzamiento estructural para forjados de madera en edificaciones patrimoniales y contemporáneas*. (Bachelor's thesis), Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador.
- Norma Cubana (2003), *NC 283: 2003 Densidad de materiales naturales, artificiales y de elementos de construcción como carga de diseño*.
- Norma Cubana (2003), *NC 284: 2003 Edificaciones. Cargas de uso*.
- Norma Cubana (2006), *NC 285: 2006 Carga de viento. Método de cálculo*.
- Norma Cubana (2006), *NC 450: 2006 Edificaciones. Factores de carga o ponderación. Combinaciones*.
- Otaño, I. M. G. (2002). *Métodos Organolépticos de Evaluación y Dictámen. Paper presented at the Conferencia. II: Evaluación Organoléptica y Diagnóstico en Edificaciones*. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría. Facultad de Arquitectura.
- Pérez, A. C., & Rodríguez, R. (2007). *Plantas epilíticas del Castillo de La Fuerza en el Centro Histórico de La Habana Vieja, mecanismos de dispersión y distribución*. Revista del Jardín Botánico Nacional. Universidad de La Habana, 61-64.
- Pérez, A. C. (2010). *Plantas epilíticas deteriorantes de la Fortaleza San Carlos de la Cabaña*. Revista del Jardín Botánico Nacional. Universidad de La Habana, 219-222.
- Rodríguez, O. A. (2003). *Patología, diagnóstico y rehabilitación de edificaciones*. Monografía. Instituto de Ensayos y Materiales. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia.
- Rodríguez, O. Á. (2006). *Metodología para realizar el estudio de diagnóstico para la rehabilitación estructural de forjados planos de madera en edificaciones ubicadas en el Centro Histórico de La Habana*, (Doctorado), CUJAE.
- Roig, J. T. (2014). *Diccionario botánico de nombres vulgares cubanos* (E. Científico Técnica Ed. Cuarta edición ed.). La Habana.
- Santiesteban, F. C. (2007). *Las armaduras de pares en La Habana Vieja. El privilegio de su conservación*. Gabinete de Arqueología, 6, 49-60.
- Tejera Garófalo, P. (2000). *Patología de las Edificaciones en conservación y rehabilitación de edificaciones*. Folleto Maestría.
- Weiss, J. E. (1978). *Techos coloniales cubanos* (E. A. y. Literatura Ed.). La Habana: Editorial Arte y Literatura.