



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

ANDRÉ LUIZ MESQUITA JÚNIOR

**IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE
PATOLOGIAS EM UMA ESTRUTURA DE BAMBU**
ESTUDO DE CASO DA “OCA”, SINPRO, Brazlândia/DF

BRASÍLIA

2019

ANDRÉ LUIZ MESQUITA JÚNIOR
ORIENTADOR: PROF.DR. CLÁUDIO DEL MENEZZI

**IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE
PATOLOGIAS EM UMA ESTRUTURA DE BAMBU**
ESTUDO DE CASO DA “OCA”, SINPRO, Brazlândia/DF

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção de graduação em Engenharia Florestal.

BRASÍLIA

2019

ANDRÉ LUIZ MESQUITA JÚNIOR

IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS EM UMA
ESTRUTURA DE BAMBU
ESTUDO DE CASO DA “OCA”, SINPRO, BRAZLÂNDIA/DF

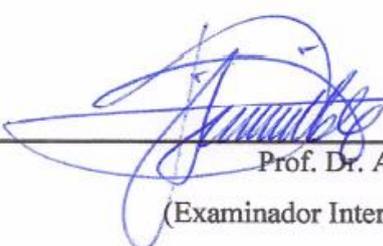
Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal pelo Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília.

Menção: SS

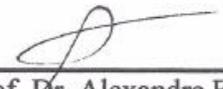
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Claudio Henrique Soares Del Menezzi
(Orientador – Universidade de Brasília)



Prof. Dr. Ailton Teixeira do Vale
(Examinador Interno – Universidade de Brasília)



Prof. Dr. Alexandre Florian da Costa
(Examinador Interno – Universidade de Brasília)

BRASÍLIA, DF, 16 de junho de 2019

Dedico este trabalho à minha família e aos amantes do bambu.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família: minha mãe Neusa, meu pai André, meu padrasto Vladimir, minha irmã Paula, meus irmãos Bruno e Vitor, e aos demais que sempre me apoiaram, me incentivaram e me aconselharam sempre no melhor sentido, tornando este trabalho e o termino deste ciclo possível.

Agradeço aos meus amigos da vida e da escalada e, em breve, de profissão, Martins, Rodolfo e, principalmente, Vicente, que me mostraram como é possível conciliar lazer com ciência. Aprendi muito com vocês. Agradeço a todos outros verdadeiros amigos, em nome dos irmãos de montanha, Luiz “Neymar”, Danilo, Lucas “Francês” e Douglas, os quais me mostraram, e mostram, o valor e a importância das verdadeiras amizades, compartilhando momentos nem sempre tão descontraídos e me ajudando, inclusive, na coleta e análise dos dados para o presente trabalho. Impossível resumir em palavras a amizade que tenho por vocês.

Agradeço imensamente aos professores da Engenharia Florestal por participarem da minha formação por todos estes anos, que não foram poucos. Agradeço por compartilharem seus conhecimentos, seus conselhos, e, insistentemente, passar informações a uma geração que se mostra cada vez mais alienada. Em especial agradeço meu orientador, Prof. Claudio Del Menezzi, por aceitar esta orientação, por permitir que eu trabalhasse de forma livre, sempre ressaltando pontos importantes, inclusive para a vida. Obrigado.

Obrigado ao CPAB e ao Prof. Jaime, pela oportunidade de trabalhar com um tema que tanto amo em meio a academia, e que acabou por se desenvolver neste trabalho. Obrigado Prof. Frederico Rosalino, pelo compartilhamento dos conhecimentos em bambu, pela oportunidade de conhecer e trabalhar com estruturas em bambu que considero de referência a nível nacional. Obrigado pelo compartilhamento de projetos, informações e por sempre estar disposto a ensinar e a colaborar como um amigo.

Agradeço à minha namorada, Schaila, que se tornou tão presente nos últimos tempos e me apoiou e incentivou sempre da melhor maneira. Sempre me incentivando a ser uma pessoa melhor e tornando os dias simples em momentos inesquecíveis. Te amo.

E agradeço à vida, por todas as oportunidades, pelas experiências e aprendizados pelos quais passei, me tornando quem sou hoje. Acredito que este momento seja um amadurecimento de todos estes momentos, o final de um ciclo e o início de um ainda maior. A vida é sincera.

RESUMO

O uso do bambu tem crescido cada vez mais no âmbito das construções por suas características de resistência, leveza e sustentabilidade. Para uma utilização mais segura, de forma a obedecer às normas de desempenho (NBR 15.575/2013) e de procedimentos de manutenção de edificações (NBR 5674/1999), rastrear e compreender as patologias ocorrentes em estruturas de bambu é um passo fundamental. O presente estudo de caso visou identificar e quantificar as patologias de uma estrutura em bambu, e expor medidas profiláticas que possam ser utilizadas para evitá-las. Buscou-se a presença de patologias variadas na estrutura, dentre elas: fissuras, fotodegradação, problemas em conexões, infiltrações, insetos xilófagos, fungos e colonização por insetos e animais. A identificação foi feita por métodos sensoriais e registros em projeto. Foram encontradas 91 peças afetadas com patologias, entre elas: fissuras(74), fotodegradação(24), problema em conexão(1), insetos xilófagos(40), fungos(20) e colonização por insetos/animais(8). Fatores climáticos, exposição às intempéries e problemas no tratamento preservativo foram identificados como possíveis causas de patologias e propostos procedimentos profiláticos para que seja possível reduzir ou evitar patologias em outras obras em bambu. Soluções construtivas que considerem o ambiente e sua relação com o material em uso, podem reduzir ou evitar patologias. Para melhor compreender o comportamento de estruturas de bambu e suas patologias, mais estudos de caso devem ser realizados.

Palavras-Chave: *bambu, construção, patologia*

ABSTRACT

The use of bamboo has grown more and more in the scope of the constructions by its characteristics of resistance, lightness and sustainability. For safer use and in order to comply with the performance standards (NBR 15.575 / 2013) and building maintenance procedures (NBR 5674/1999), tracking and understanding the pathologies occurring in bamboo structures is a fundamental step. The present case study aimed to identify and quantify the pathologies of a bamboo structure, and propose prophylactic measures to the cases found. The study was based in the research of pathologies, as such: fissures, photodegradation, connections problems, infiltrations, xylophagous insects, fungi and colonization of insects and animals. The identification was made by sensory methods and recorded in project. It were found: Fissures (74), photodegradations (24), connection problem (1), xylophagous insects (40), fungi (20) and colonization of insects/animals (8). Climatic factors, exposure to weather and problems in the preservative treatment were identified as possible causes of pathologies and prophylactic procedures were recommended so that it is possible to reduce or avoid pathologies in other bamboo constructions. Constructive solutions that consider the environment and its relation with the material in use, can reduce or avoid pathologies. To better understand the behavior of bamboo structures and their pathologies, further case studies should be conducted.

Keywords: *Bamboo, construction, pathology*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE SIGLAS, ABREVIACÕES E SÍMBOLOS	11
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivo Geral.....	13
2.2. Objetivo Específico.....	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1. Bambu na Construção	14
3.2. Patologias em Construções de Bambu.....	16
3.2.1. Agentes Abióticos	17
3.2.2. Agentes Bióticos.....	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1. Projeto e Área do Estudo	23
4.2. Avaliação e Diagnóstico	25
4.2.1. Fissuras	27
4.2.2. Fotodegradação.....	28
4.2.3. Conexões	29
4.2.4. Infiltrações	29
4.2.5. Fungos	30
4.2.6. Insetos Xilófagos	31
4.2.7. Colonização por Insetos/Animais.....	32
4.2.8. Coleta e Registro	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1. Pré-Inspeção e Inspeção (preliminar) de Nível 1.....	35
5.2. Inspeção (detalhada) de Nível 2.....	36
5.2.1. Patologias Abióticas.....	37
• Fissuras	37

• Fotodegradação	41
• Conexões.....	44
5.2.2. Patologias Bióticas	45
• Insetos Xilófagos	45
• Fungos.....	47
• Colonização de insetos e animais	50
6. CONCLUSÕES.....	53
Recomendações	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –Vista detalhada em perspectiva da Oca.....	24
Figura 2 –Vista da Oca.....	24
Figura 3 –Fluxograma de metodologia de inspeções.....	26
Figura 4 –Fissura longa em peça de bambu.....	28
Figura 5 –Processo de fotodegradação em peça de bambu em estágio avançado.....	29
Figura 6 –Fissura causada por problemas nas ligações.....	29
Figura 7 –Fungo em estágio “avançado”	30
Figura 8 –Sinais de infestação ativa do Besouro Tigre (<i>C. annularis</i>).....	31
Figura 9 –Ninhos de aves e casas de insetos na estrutura.....	32
Figura 10 –Mapa do projeto e subdivisões das coordenadas geográficas.....	32
Figura 11 –Vista pelo lado sul da Oca, em período próximo à finalização de sua construção (julho de 2013).....	33
Figura 12 –Avaliação visual geral nível 1 das patologias.....	34
Figura 13 –Casos não classificados como patologias na estrutura.....	36
Figura 14 –Percentual de peças afetadas por patologias e peças “sadias” de toda Oca.....	36
Figura 15 –Percentuais de patologias manifestadas individualmente nas peças afetadas ou combinações (duas ou + patologias) nas peças.....	37
Figura 16 –Dados coletados sobre as fissuras na estrutura Oca.....	38
Figura 17 –Fissuras curta (seta vermelha) e longa (seta amarela).....	38
Figura 18 –Fissura gerada por causa estrutural.....	39
Figura 19 –Percentual de fissuras de acordo com suas localizações na estrutura.....	40
Figura 20 –Calafetagem com resina de mamona e serragem (seta amarela), realizada em uma outra estrutura do Complexo do SinPro.....	41
Figura 21 –Total de peças afetadas em relação à posição e estágio de desenvolvimento relativo para a patologia fotodegradação.....	41
Figura 22 –Graus de desenvolvimento relativo dos casos de fotodegradação registrados.....	42
Figura 23 –Percentual de ocorrências de fotodegradação em relação à posição na estrutura.....	42
Figura 24 –Exemplos de casos em estágio inicial (A), médio (B) e avançado (C).....	43

Figura 25 –Fendilhamento paralelo às fibras causado pela má distribuição de cargas na conexão.....	44
Figura 26 –Dados numéricos em relação ao total de casos de insetos xilófagos, posição e estágio de desenvolvimento relativo.....	45
Figura 27 –Estágio de desenvolvimento relativo dos casos registrados de insetos xilófagos.....	46
Figura 28 –Perfurações características de ataque de <i>D. minutus</i>	46
Figura 29 –Casos em estágios: inicial (A), médio (B) e avançado (C) de ataque de <i>C. annularis</i>	47
Figura 30 –Informações relativas ao registro de fungos na estrutura.....	48
Figura 31 –Percentual de ocorrência de fungos em relação à posição na “Oca”.....	49
Figura 32 –Diferentes tipos de manchas de fungos encontrados durante avaliação.....	49
Figura 33 –Fungo encontrado nas extremidades dos colmos, em locais úmidos.....	50
Figura 34 –Dados numéricos em relação à colonização de insetos e animais.....	50
Figura 35 –Percentual de “colonizações” em relação à posição na estrutura “Oca”.....	51
Figura 36 --Ninho de andorinha em bambu.....	51
Figura 37 --Casa de marimbondo em extremidade da peça de bambu.....	52

LISTA DE SIGLAS, ABREVIACOES E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas e Técnicas
NBR	Norma Técnica Brasileira

1. INTRODUÇÃO

O uso do bambu é reconhecido há milhares de anos, comprovado por vestígios encontrados tanto na Ásia como na América Latina. A princípio, seu uso ocorreu de forma empírica e artesanal, e assim foi desenvolvido por muito tempo. Com a necessidade de maior compreensão do material, este foi, e vem sendo, estudado até os dias de hoje para aprimorar as técnicas de sua utilização.

A princípio o bambu serviu para a confecção de pequenos objetos, como pratos e talheres, e estruturas de abrigo simples, mas, com o passar do tempo, o uso do bambu se tornou mais complexo, compondo estruturas de grande porte, como pontes e prédios. Isso só se tornou possível pela compreensão holística do material, estudando os pontos positivos e negativos, de modo a permitir o uso do bambu em edificações.

O bambu apresenta valores de resistência física e mecânica por vezes superiores à madeira e ao aço. O seu processo produtivo, da colheita à aplicação, tem baixo impacto ambiental, causado por sua ampla distribuição, rápido ciclo de crescimento e baixo nível de resíduos. O material é leve e muito versátil, o que permite o seu emprego em diferentes formas, como ripas, laminados ou *in natura*, cilíndrico. Portanto, de acordo com o seu processamento, é possível a confecção desde elementos construtivos até móveis e utensílios domésticos.

Porém, mesmo com todos os pontos positivos do bambu, seu uso ainda não se encontra difundido no Brasil. Isso ocorre pelos conceitos negativos formados a respeito do material, como suposta baixa durabilidade e vulnerabilidade a pragas, à falta de informação e ao seu mau uso. Acredita-se que, com maior disseminação de conceitos e técnicas corretas, não há outra alternativa senão a ampliação do uso do bambu em suas diversas áreas.

Ainda que hoje já existam diversos estudos sobre a propagação, manejo de plantações, tratamentos preservativos e técnicas de construção com bambu, estudos que indiquem o desempenho e a durabilidade de estruturas em uso são relativamente escassos, principalmente em sua forma de colmos. Este cenário se agrava no Brasil, onde não há uma cultura de uso e de conhecimento sobre esta planta. Contudo, a melhor compreensão nesta área pode colaborar com a detecção de erros e acertos nas etapas do processamento e manejo do bambu, o que possibilita reconhecer as origens e causas das patologias que se apresentam em construções, e assim, evitá-las. É neste contexto que este estudo pretende colaborar na área de conhecimento do bambu.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O presente estudo visou identificar e quantificar as patologias das partes em bambu de uma estrutura predial denominada “Oca”, localizada no Centro de Referência em Educação Ambiental do Sindicato dos Professores do Distrito Federal, Brasília.

2.2. Objetivo Específico

Compreender as causas de ocorrência das patologias nesta estrutura e sugerir métodos profiláticos que possam ser realizados para evitá-las em outras estruturas semelhantes.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Bambu na Construção

Frente aos desafios modernos da engenharia e arquitetura, buscam-se cada vez mais alternativas econômicas e sustentáveis em oposição aos métodos convencionais de construção. Nesse sentido, para atender a demanda global, são necessárias matérias primas de rápido crescimento, ciclo de vida e produção de baixo impacto, além de boas características físicas e mecânicas que possam resistir aos esforços aplicados em sua utilização em estruturas. Neste contexto, aliado com suas técnicas simples de utilização, o bambu se encontra como uma alternativa de crescente importância (CHAOWANA, 2015).

No ramo da construção, são melhores aproveitados os bambus lenhosos (Bambuseae). Deste grupo, destacam-se, no Brasil, os gêneros *Bambusa* sp., *Dendrocalamus* sp. e *Phyllostachys* sp., os quais possuem distribuição ampla e utilização conhecida. Dentre as espécies destes gêneros, se destaca a espécie *D. asper*, por possuir bons valores de resistências físicas e mecânicas e bons resultados na aplicação em estruturas (CARBONARI et al., 2017; CHAOWANA, 2015; JARAMILLO et al., 2018; SURJOKUSUMO; NUGROHO, 1995), sendo utilizado na forma de pilares, vigas, na confecção de tesouras, apoios, laminados e etc.

Mesmo com todo seu potencial e uso milenar (TANAKA et al., 1995), o bambu ainda não possui seu uso amplamente difundido no mercado da construção civil. O fato se dá, entre outras suposições, pela ausência de informações ao público leigo, projetos efetuados por pessoas não especializadas, falta de mão de obra qualificada, à ideia de ser um material de baixa durabilidade, sujeito a infestações de insetos e outras pragas ou ainda pelo bambu ser considerado “madeira de pobre” (BRITO, 2014; EDWARDS; DOING, 1995; SATTAR, 1995).

Atualmente, no Brasil, existem normas técnicas da ABNT para desempenho e manutenções de edificações, como a NBR 15.575/(2013) e a NBR 5.674/(1999), que asseguram a satisfação do usuário e o cumprimento da vida útil da construção. Segundo a própria NBR 5.674/(1999), é inviável economicamente e insustentável ambientalmente considerar que as edificações sejam consideradas descartáveis, de forma que não existe motivo ser diferente em casos de edificações que utilizam o bambu como material portante.

A NBR 15.575(2013) visa garantir o bom comportamento e uso dos elementos e sistemas do edifício construído a partir de requisitos qualitativos para avaliação das boas condições de uso. Os requisitos são baseados nas necessidades do usuário e são avaliados por grandezas quantitativas. Na norma, são definidas como requisitos: a segurança, mais

especificamente, segurança estrutural, contra fogo e no uso e operação; a habitabilidade, que é avaliada por meio da estanqueidade, desempenhos térmico, acústico e lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade e conforto tátil e antropodinâmico; e a sustentabilidade, a qual visa durabilidade, manutenibilidade e o impacto ambiental da construção. Assim, para cumprir com a vida útil do projeto e, conseqüentemente, com a norma, atender a esses pré-requisitos é de fundamental importância.

Ademais, é prevista, para qualquer edificação, a manutenção periódica preventiva, a fim de se evitar falhas no desempenho e a frequência de gastos com manutenção (BRITO, 2014; BALLESTÉ, 2017). É estimado que o gasto anual com reparos e operações na vida útil de uma edificação seja equivalente a até 2 % do seu custo inicial. Ou seja, dependendo da durabilidade, os custos com manutenção podem ser maiores que o custo de implementação da obra (NBR 5674, 1999). E, caso inspeções e reparos regulares não sejam feitos, estes custos podem ser ainda maiores.

De fato, foi criada a lei de evolução dos custos, conhecida também como lei de Sitter (VITÓRIO, 2006; TAGUCHI, 2010; BRITO, 2014) que explica como os custos relativos às operações aumentam progressivamente quanto mais avançada for a fase de manutenção. Sendo assim, os menores custos se encontram ainda na fase de projeto, alcançando valores 125 vezes maiores em manutenções corretivas (BRITO, 2014). Portanto, o descuido com o desempenho e vida útil dos projetos possuem conseqüências sociais, ambientais e econômicas importantes.

Se em estruturas de madeiras esta necessidade de manutenção já se torna evidente (BRITO, 2014), em edificações e construções com bambu ainda mais. Comparado à madeira, as altas quantidades de tecido parenquimatoso, rico em substâncias atrativas aos agentes xilófagos e biodeterioradores, como o amido, reduzem sua resistência biológica (BERALDO; AZZINI, 2004; STANGERLIN et al., 2011). Desta forma, a conformidade com as normas vigentes, NBR 15.575(2013) e NBR 5.674 (1999), assim como os corretos procedimentos e técnicas utilizados na construção com bambu são de fundamental importância para o sucesso de seu uso e sua disseminação no mercado. Mesmo que no Brasil as boas práticas não sejam as mais usuais, não são poucos os casos bem sucedidos utilizando-se o bambu pelo mundo.

Como já se sabe, no Japão e China o uso do bambu por populações tradicionais é milenar, e ainda hoje é amplamente utilizado para fins diversos, dentre eles a construção de moradias, talheres e ferramentas (BRASHIER, 2011; TANAKA et al., 1995; YUMING et al., 2006). Em países da América Latina não é muito diferente. No Equador, por exemplo, foram encontrados vestígios que datam de 9 500 anos do uso do bambu em abrigos (HIDALGO,

1992 apud SATTAR, 1995). No Brasil e Colômbia já existem diversos projetos de moradias de interesse social utilizando bambu (LONDOÑO, 2011; ROHR et al., 2015).

Na atualidade, a Colômbia é uma referência na América Latina e no mundo na utilização do bambu. Após verificar a resistência aos abalos sísmicos nas estruturas utilizando a espécie local, *Guadua angustifolia* Kunth, foi realizado uma norma nacional (NSR-10, 1997) para sua utilização em estruturas sismo resistentes (LONDOÑO, 2011). Os “bahareques”, um sistema construtivo historicamente utilizado na Colômbia com o uso do bambu, similar à técnica de “pau a pique” utilizada no Brasil, tem sido utilizada e estudada por diversos outros países (ESCAMILLA; HABERT; LOPEZ MUÑOZ, 2014; LÓPEZ; BOMMER; MÉNDEZ, 2004; MATTONE, 2005). Porém, no que tange à normalização, a Colômbia não avança sozinha nesta caminhada. Outros países também vêm regularizando o uso do bambu, como são os casos da Índia (CED13, 2009), do Peru (E.100 BAMBÚ, 2012) e Equador (NEC-SE-GUADUA, 2016). Isto permite que a área de conhecimento evolua de forma mais rápida e organizada e haja maior utilização de técnicas corretas e confiança na utilização do bambu.

No Brasil, este avanço ainda é precário, pois não há uma regulamentação específica para o uso do bambu, que ainda ocorre de forma rudimentar e artesanal. Isto gera uma imagem negativa sobre o material e limita sua utilização pela falta de conhecimento técnico em seu uso. Não somente isso, o mau uso do material faz com que o desempenho esperado ao longo do tempo não seja alcançado, gerando resultados indesejáveis.

3.2. Patologias em Construções de Bambu

O não cumprimento do desempenho esperado da estrutura ou de suas partes, seja por causa estrutural, funcional, estética, ou ainda por erro de projeto ou falta de manutenção, configura o que é conhecido no ramo da engenharia de estruturas como patologia (BALLESTÉ, 2017; BRITO, 2014; LICHTENSTEIN, 1986). Diferentes patologias estão ligadas a diferentes causas, evidenciadas com o passar do tempo.

As origens das patologias são por vezes classificadas de maneiras distintas por diferentes autores, podendo ser exógenas ou endógenas à obra (GRANDISKI, 2011) ou ainda por fatores bióticos e abióticos (BRITO, 2014; MARTITEGUI et al., 2002). Ainda podem estar relacionadas às suas fases de geração, como no projeto, execução ou utilização (SANTOS, 2014). O estudo de SANTOS (2014) faz um interessante agregado de diversos autores com as origens das manifestações patológicas e suas causas.

Dessa forma, para que em seu uso, o bambu tenha uma boa durabilidade, uma aplicação segura e sejam evitados gastos desnecessários, ou seja, evitem-se patologias, deve-se estar atento em todas as etapas de sua produção. É recomendado evitar a colheita em períodos em que os colmos estejam com o máximo de umidade retida, selecionar peças adequadas ao projeto, com dimensões padronizadas, secar as peças de forma a evitar ou reduzir rachaduras, tratar os colmos a fim de evitar fungos e insetos xilófagos e instalar o bambu na estrutura de forma correta, evitando ao máximo contato direto com a umidade e a luz solar (JARAMILLO et al., 2018; SURJOKUSUMO; NUGROHO, 1995; LEE et al., 1994) e fazendo boas ligações que distribuam cargas devidamente (BALLESTÉ, 2017; SUAREZ; MANRIQUE, 2003).

Pela falta de normalização e por seu desenvolvimento empírico já mencionado, não há padronização do uso do bambu no mercado. Tal fato somado à própria variação fenotípica dentre os bambus (HIDALGO-LÓPEZ, 1995) e às dificuldades técnicas de sua aplicação, faz com que a realização destas etapas de maneira satisfatória não seja uma tarefa simples. No caso do bambu, o não cumprimento destas etapas pode acarretar no surgimento das patologias, sejam por origens abióticas, tais como fissuras, fotodegradação, comprometimento das ligações e infiltrações e por origens bióticas, como fungos, insetos xilófagos (brocas, cupins, formigas e vespas) e colonização por insetos e animais (BALLESTÉ, 2017; JARAMILLO et al., 2018; MOHANAN, 1997).

Geralmente as patologias são apresentadas pelo surgimento de sintomas que, por sua vez, refletem causas por falhas ou desatenções em processos anteriores (BALLESTÉ, 2017). Com isso, a compreensão dos mecanismos de ocorrência das patologias pode ser de grande ajuda para contornar o surgimento das mesmas. Do mesmo modo, quando não é possível evitar problemas, o conhecimento das anomalias também colabora com a solução rápida, por meio de manutenções corretivas eficientes (RITTER, 1990). Assim, os próximos tópicos descrevem brevemente algumas das patologias mais comuns em bambu, assim como algumas medidas profiláticas.

3.2.1. Agentes Abióticos

Os bambus, de maneira geral, apresentam seus elementos microscópicos anatômicos dispostos predominantemente no sentido longitudinal, exceto pelos diafragmas, localizados nos entrenós (AMADA; UNTAO, 2001; HIDALGO-LÓPEZ, 2003). Tal característica lhe confere relativa fragilidade de fendilhamento no sentido citado, já que os elementos

anatômicos que impedem tal esforço estejam em menor quantidade. Quando de fato ocorre este fendilhamento, comumente denomina-se por fissuras.

As fissuras, ou rachaduras, são causadas por variações dimensionais no sentido radial das peças ou por movimentos estruturais, causados pela aplicação de carga nas estruturas (BALLESTÉ, 2017). Esta patologia pode apresentar risco de perda estrutural das peças e, conseqüentemente, da obra como um todo. Pode também ser a porta de entrada para patógenos, insetos xilófagos e outros animais que queiram colonizar o interior dos colmos (KRAUSE; GHAVAMI, 2014).

Pela constante variação climática ocorrente em regiões de clima tropical semiúmido, como é predominantemente na região Centro-Oeste brasileira (ALVARES et al., 2013), a variação dimensional causada se torna um fator importante. Portanto, a colheita no período ideal, a correta secagem e a proteção contra agentes climáticos, como as águas das chuvas, ventos e luz solar, são de extrema importância para reduzir a instabilidade dimensional dos colmos e, assim, a ocorrências de rachaduras (BALLESTÉ, 2017; MARÇAL, 2008).

Erros de projeto e execução também podem determinar a ocorrência de fissuras nos colmos, quando permitem uma má distribuição de cargas nos elementos de conexões. Quando os esforços não são transmitidos da forma como foram pré-estabelecidos, geram tensões que resultam geralmente em rachaduras (BALLESTÉ, 2017). Mesmo com tudo isso, os bambus podem ser reforçados com braçadeiras, reduzindo o movimento radial do bambu e as possíveis rachaduras (MARÇAL, 2008). E ainda, a escolha das conexões e a sua execução devem ser feitas de forma a exigir as propriedades corretas do material.

Uma grande dificuldade de construir com bambu está relacionada à confecção das ligações entre peças. O formato cilíndrico e oco faz com que seja mais difícil a realização dos encaixes (SATTAR, 1995), gerando pontos de fraqueza na estrutura caso sejam realizados de maneira errônea (SUAREZ; MANRIQUE, 2003; PADOVAN, 2010). Muitas soluções construtivas foram e são estudadas, como por exemplo, as conexões comuns de boca de pescado e suas variações, de embuchamento interno, trespasse de vara (MARÇAL, 2008), as conexões “Simon Vélez modificada”, “Sandra Clavijo”, Diego Jaramillo y Gisella Sanclemente” (SUAREZ; MANRIQUE, 2003), assim como diversas outras (AWALUDIN; ANDRIANI, 2014; HIDALGO-LÓPEZ, 2003; JANSSEN, 2009; UCE; UMONS, [s.d.]).

Este campo do conhecimento, que são as conexões em bambu, tem sido amplamente estudado, pois é justamente um dos gargalos e possíveis limitantes do uso do material. As ligações devem permitir a distribuição das cargas, de modo a otimizar as características do bambu, porém é comumente o ponto fraco em testes de resistência (SUAREZ; MANRIQUE,

2003; WLORISCO; MARDJORNO, 1995). A dependência da habilidade do construtor para a efetuação de boas conexões torna o tema ainda mais delicado (BALLESTÉ, 2017).

A escolha correta dos tipos de conexões a serem utilizadas, na definição de projeto, é de fundamental importância, porém, é no momento da execução do projeto e das técnicas de construção que se deve tomar os maiores cuidados para reproduzir as conexões que se deseja (BALLESTÉ, 2017). A precisão dos ângulos de corte que determinarão os encaixes e a habilidade no manuseio das ferramentas, são essenciais para a correta efetuação das conexões e, conseqüentemente, distribuição das cargas e desempenho da estrutura.

Outra patologia comum é a fotodegradação, que se apresenta, inicialmente, como um descoloramento na superfície do bambu, causado pela exposição aos raios ultravioletas. A despigmentação é causada por mudanças químicas ocorrentes na superfície do bambu, gerando sua foto-oxidação (PRATES, 2013; WANG; REN, 2008). Também foram registrados casos de redução de outras células e componentes estruturais, como lignina em colmos da espécie *Phyllostachys pubescens* (WANG; REN, 2008). No mesmo estudo, foram observadas as aparições de danos nas paredes das fibras. Tais resultados indicam que, fora o comprometimento visual causado por este sintoma, pode haver implicação estrutural em níveis microscópicos. Ainda, a degradação da superfície dos colmos gera também mudança em sua textura, deixando-a mais áspera. Estas superfícies são mais propensas à deposição de corpos reprodutivos de fungos (MOHANAN, 1997).

A fim de evitar a fotodegradação, é importante proteger os bambus da ação solar com uso de vernizes e beirais nas coberturas (MARÇAL, 2008). Os beirais servem tanto como formação de sombra, quanto como forma de evitar o contato com a água, que lixivia o verniz e as proteções naturais do bambu (BALLESTÉ, 2017; MARÇAL, 2008). Deve-se estar sempre atento às manutenções periódicas e possíveis reaplicações de verniz, a fim de evitar a danificação de peças e incremento dos custos de manutenção.

As infiltrações na estrutura não estão relacionadas necessariamente com o material, tendo grande relação com a cobertura ou instalações hidráulicas do edifício. Ainda assim, como o bambu em sua forma de colmo possui vãos ocultos, pode servir como condutor de água, caso haja brechas em suas paredes ou ligações. Estas situações, além de não estarem de acordo com a demanda de estanqueidade na norma NBR 15.575 (2013), favorecem a ocorrência de fungos, apodrecimento do bambu e afetam a durabilidade da construção.

Quando o bambu é utilizado em construções, a cobertura é de relevante importância, pois esta será sua proteção e abrigo ao sol, chuva, umidade e outras intempéries (MARÇAL,

2008). Assim, é determinante utilizar bons materiais impermeabilizantes com objetivo de evitar infiltrações.

3.2.2. Agentes Bióticos

A ação de fungos em estruturas de bambus é relativamente comum em ambientes tropicais, já que altos índices de umidade e uma rica presença de amido são grandes atrativos para fungos (MARÇAL, 2008). Seu estabelecimento também pode ser favorecido pela mudança de textura no córtex do material, causada pela deterioração do mesmo (MOHANAN, 1997). Os fungos encontrados em bambus, assim como em madeiras, são classificados como “emboloradores”, “manchadores” e “apodrecedores”, de acordo com a natureza de sua ação (BRITO, 2014).

Fungos emboloradores, também conhecidos como bolor, afetam somente a superfície do bambu, se favorecendo da alta umidade. Por suas características, estes fungos não apresentam implicações estruturais, implicando somente em deteriorações estéticas. Estes fungos podem ser facilmente retirados com escovação e lixamento da superfície em que se estabelecem (LELIS et al., 2001).

Os fungos manchadores, por sua vez, apesar de também não possuírem características deterioradoras, podem penetrar internamente a superfície e criar manchas internas. Por mais que estes fungos não se alimentem da lignina ou de constituintes importantes para a estrutura do bambu, são indicadores de condições favoráveis para o estabelecimento de casos mais graves (BRITO, 2014; RITTER; MORRELL, 1990). A presença de fungos emboloradores ou manchadores pode levar à retirada de proteções químicas, naturais ou artificiais, do bambu e criar um ambiente favorável para a infestação de fungos mais críticos (BRITO, 2014). Em casos iniciais a escovação e o lixamento da superfície são capazes de retirar as manchas, porém em casos mais avançados recomenda-se a aplicação de preservativos *in loco* a base de fungicidas, como bórax.

Os fungos apodrecedores são os que se alimentam dos componentes estruturais do bambu, acarretando em consequências mais severas (BRITO, 2014). A sua ação leva ao amolecimento da estrutura, identificável pelo teste de percussão, com som opaco (MOHANAN, 1997). Esta deterioração pode comprometer a capacidade estrutural dos elementos individuais ou até da estrutura como um todo. Sua ocorrência deve ser rapidamente combatida com aplicação de fungicidas, e em casos avançados, é necessária a substituição da peça.

O ataque de insetos xilófagos em bambus também é muito comum, principalmente em elementos sem tratamentos preservativos. O conteúdo de amido presente é um grande atrativo para estes insetos, tornando isópteros e coleópteros comuns para aqueles que possuem experiência e trabalham com bambu (BALLESTÉ, 2017; OLIVEIRA, 2013). A atuação destes insetos se baseia na alimentação do tecido parenquimatoso e do amido, na parte mais interna dos colmos, de menor importância estrutural (HIDALGO-LÓPEZ, 2003). Desta forma, pequenas ocorrências não possuem consequências devastadoras, porém, pragas como os besouros *Dinoderus minutus* e *Chlorophorus annularis* podem comprometer a estabilidade estrutural de uma obra inteira, caso não sejam controladas (GALVÃO et al., 2004; PONCE, 2010; OLIC; LORENZETTI, 2013).

Tratamentos preservativos são realizados no intuito de evitar insetos xilófagos e fungos, retirando o conteúdo de amido do interior do bambu e impregnando-o com substâncias nocivas às pragas. Existem diversas formas de tratamentos, assim como produtos que podem ser utilizados. Tratamentos tradicionais, como a imersão em água, não levam produtos químicos e também estão relacionados aos procedimentos realizados desde a colheita dos colmos (BURGOS, 2003).

Os métodos de tratamentos químicos dependem do estado do bambu, recém-colhido ou já seco, para determinação da técnica mais eficiente, podendo ser por imersão, banho quente, pressão, método boucherie e por difusão (BURGOS, 2003; MARTINS, 2016; OLIC; LORENZETTI, 2013). Mesmo assim, a falta de controle de qualidade nos tratamentos, comum em tratamentos caseiros, faz com que a homogeneização dos preservativos não seja feita de modo eficiente, resultando na aparição de infestações mesmo após o tratamento.

Além da utilização do bambu como alimento, há outras formas pelas quais insetos e animais podem utilizar este recurso. Os espaços vazios devido às partes ocas dos colmos se torna um ambiente ideal para a colonização e utilização como abrigo por parte de insetos ou pequenos animais (BALLESTÉ, 2017). A presença destes habitantes cria um ambiente propício e condições para o estabelecimento de novos organismos e retenção de umidade, comprometendo a garantia e qualidade esperadas do bambu. Ainda, quando os habitantes são insetos da ordem *Hymenoptera*, como abelhas, vespas e marimbondos, a saúde e segurança do usuário são comprometidas.

Como forma de evitar ocorrências de colonizações de insetos e animais se estabelecendo, brechas nas estruturas devem ser evitadas, principalmente nas ligações. As rachaduras, que servem como entrada, também devem ser seladas com misturas de cola e serragem ou resinas naturais. Porém nada disso exclui a necessidade da inspeção e limpeza

contínua e manutenções periódicas em estruturas, para retirada de princípios de casos de colonização de insetos e animais nos colmos.

Pôde ser visto nos últimos tópicos a quantidade e a complexidade das patologias às quais se deve estar atento ao trabalhar com bambu. Porém, assim como qualquer material, também são conhecidas as melhores formas de uso para evitar patologias. O que não é permissível, do ponto de vista social, ambiental e econômico, é a negligência com os sinais fornecidos pelas estruturas e à falta de manutenção. Desta forma, reforça-se a importância das medidas profiláticas em obras de qualquer tipo, especialmente de bambu, e a necessidade de programas eficazes de inspeção e manutenções de prevenção, já reconhecidas para estruturas de madeira (BRITO, 2014; RITTER, 1990). Estas são as melhores maneiras, com o menor custo, de se evitar patologias (NBR 5674, 1999).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Projeto e Área do Estudo

A inspeção realizada no presente estudo ocorreu no complexo de bioconstrução do “Centro de Referência em Educação Ambiental do Sindicato dos Professores do Distrito Federal”. O complexo conta com quatro estruturas - Oca, Salão Principal, Salão Multiuso e WC compostável-, das quais uma foi avaliada. A localização do conjunto de obras é na Chácara do Professor, Núcleo Rural Alexandre Gusmão, Chácara 02, S/n - Lote 125 - Brazlândia, Brasília – DF.

Todas as obras foram realizadas utilizando-se diferentes técnicas de bioconstrução, algumas com paredes de taipa de pilão ou taipa de mão, telhas de madeira ou ainda cobertura de telhado verde. Sempre utilizando materiais de menor impacto ambiental, como o bambu, as obras servem como referências regionais modernas na área da bioconstrução, por sua beleza cênica e grande dimensão.

O Centro teve sua inauguração em junho de 2015, porém as obras já estavam finalizadas em 2013, completando, então, seis anos de sua implementação em 2019. Durante a obra, pela disponibilidade de mão de obra e pela logística, as edificações foram realizadas em sequência, levando à sua conclusão em tempos diferentes por alguns meses.

A obra avaliada neste estudo foi a Oca. Escolheu-se este prédio pela necessidade real de inspeção e manutenção, identificadas pela aparição de alguns sintomas de patologias. Aproveitou-se a oportunidade para registro do processo no presente estudo de caso, com o objetivo de contribuir para o conhecimento na área de patologias em estruturas.

Posteriormente à escolha do edifício a ser avaliado, foi adquirido o projeto e deste foi obtida a vista dos detalhamentos em perspectiva (Figura 1), para registro das inspeções em campo e para que pudessem ser identificadas as peças afetadas pelas patologias. Também foram identificadas no projeto do programa AutoCAD 2017, as peças que foram afetadas pelas patologias ou por uma combinação dessas. Os projetos e suas imagens foram concedidos pelo Engenheiro Civil responsável pela obra, Frederico Rosalino da Silva.

A “Oca” foi realizada com intuito de abrigar eventos e reuniões em área aberta, com um vão livre de até 14 metros e uma área útil de 260m² (Figura 2). Para confecção dos pilares e coroamento foi utilizada madeira de eucalipto, as telhas foram do tipo cavaco em madeira, e a cobertura realizada em bambu da espécie *Dendrocalamus asper* (Schult f.) Backer ex Heyne.

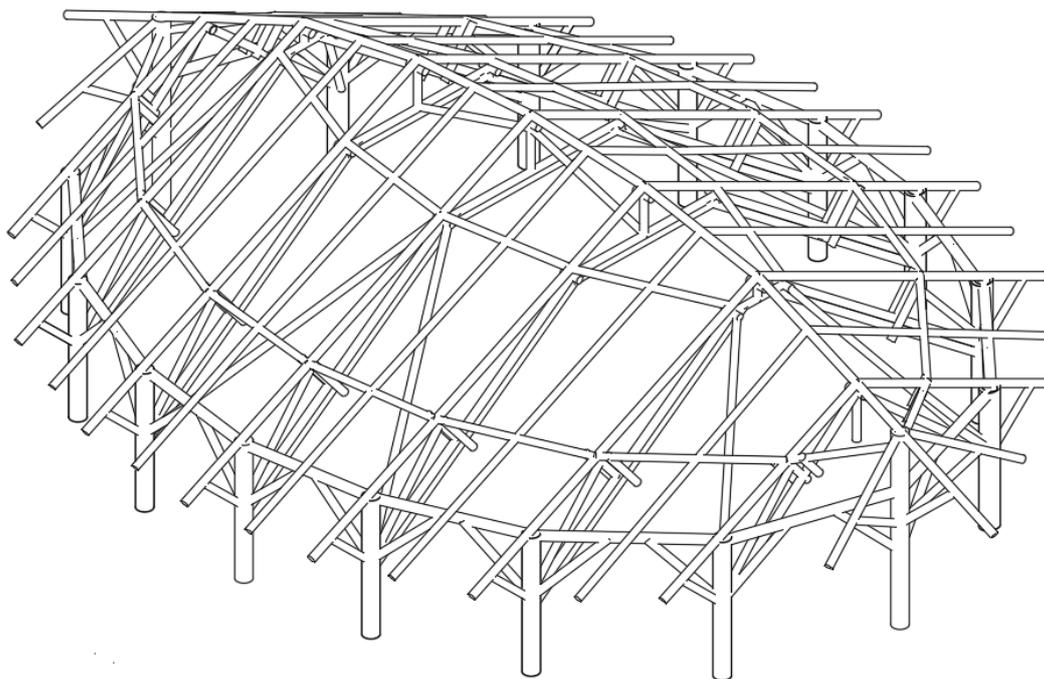


Figura 1 - Vista detalhada em perspectiva da Oca (Fonte: Frederico Rosalino)



Figura 2 - Vista da Oca (Fonte: Frederico Rosalino)

As varas de bambu utilizadas na obra foram colhidas e tratadas na região de São Paulo e trazidas para a região do Distrito Federal. O tratamento realizado foi feito com octaborato dissódico tetrahidratado, por meio do método de imersão simples dos colmos na referida solução. Como não se teve acesso aos responsáveis pelo tratamento, maiores detalhes não

foram registrados, como o tempo de imersão e a concentração da solução. Após o tratamento preservativo, as peças de bambu foram impregnadas com Stain, como forma de reduzir as ações das intempéries e manter a beleza natural material.

O projeto inicialmente contava com 122 peças de bambu, somando todas as peças de conexões, vigas, tesouras etc. Com o andamento da obra, foi necessário adicionar mais 12 peças como reforço ao carregamento da cobertura, desta forma, hoje a estrutura conta com 134 elementos de bambu.

4.2. Avaliação e Diagnóstico

A metodologia utilizada neste trabalho foi baseada na contribuição da metodologia de inspeção de estruturas, proposta no trabalho de BRITO (2014) para estruturas em madeira (Figura 3). O método consiste em etapas de avaliação que iniciam com a obtenção e revisão de informações relativas à estrutura, como levantamento do histórico, informações do projeto e do material e entrevista com pessoas próximas à estrutura (pré-inspeção), seguido por uma avaliação geral da estrutura, checando seu estado de conservação como um todo e a necessidade de novas inspeções (Inspeção preliminar nível 1). Por último é realizada avaliação detalhada dos elementos que compõem a estrutura, na etapa denominada Inspeção detalhada nível 2, buscando-se também por patologias internas não visíveis por meio de métodos de percussão..

Cabe ressaltar que na inspeção preliminar de nível 1 a estrutura é classificada em “classes de prioridade de intervenção” (BONAMINI, 1995). As classes são definidas em cores, sendo verde a de menor prioridade, amarelo de prioridade média e vermelho a de alta prioridade. Existe ainda a classe cinza para regiões as quais não é possível realizar inspeção. Procurou-se comparar o estado das partes da estrutura com estas classes de prioridade de intervenção para melhor compreender o real estado de saúde das mesmas.

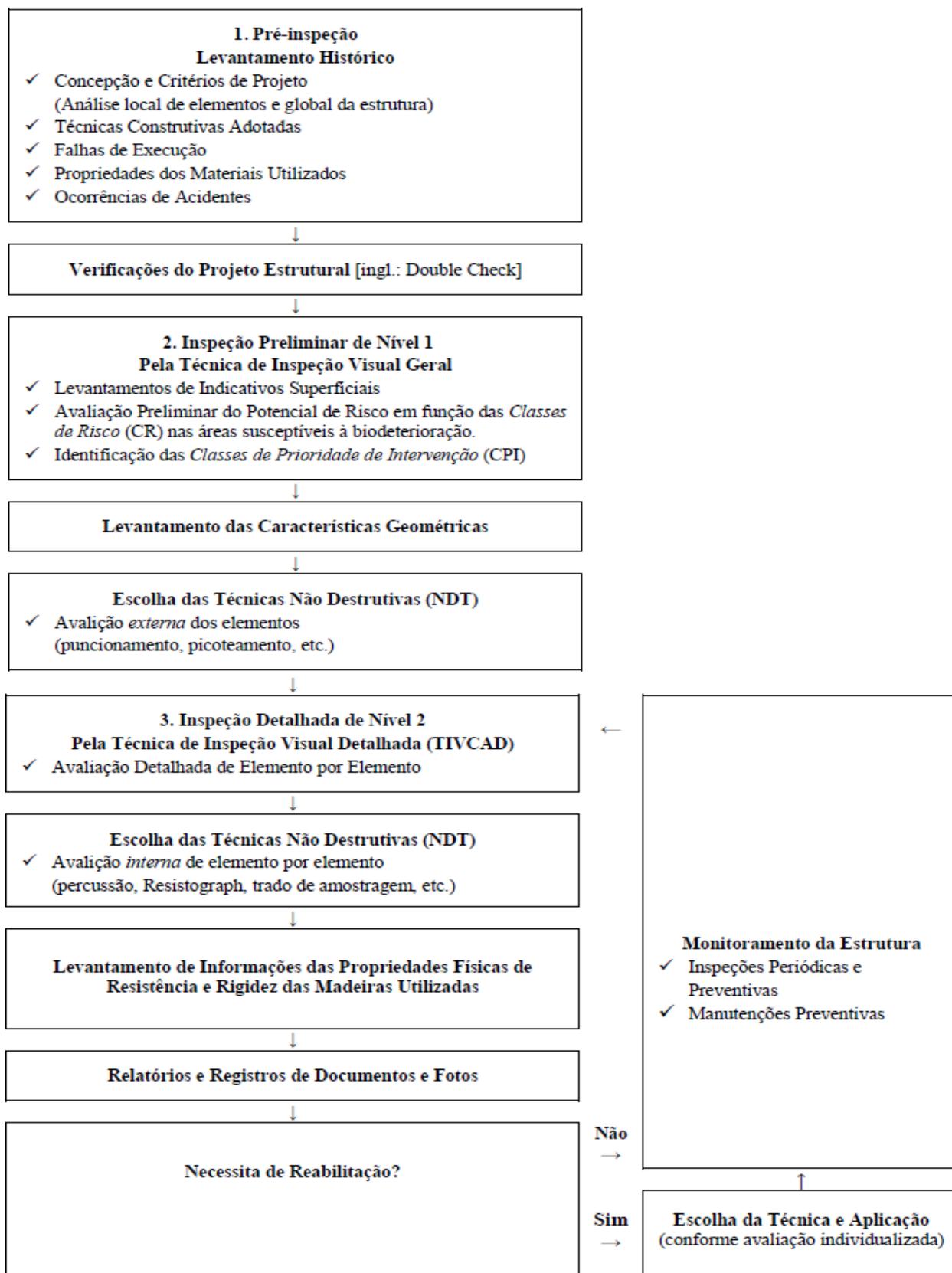


Figura 3 - Fluxograma de metodologia de inspeções (Fonte: BRITO, 2014)

Para escolha das técnicas de análise das patologias, foram escolhidas técnicas não destrutivas (NDT) sensoriais: visual, de tato e percussão. Assim foi feito tendo em vista a limitação de recursos e pelo fato das identificações das patologias no bambu serem menos complexas, já que o material é oco. Ressalta-se a importância das boas habilidades do inspetor e do conhecimento das condições do material e dos sintomas das patologias, já que nesta área nenhum equipamento substitui um bom inspetor (RITTER, 1990).

A partir da pré-inspeção, pesquisa bibliográfica e experiências práticas anteriores, buscou-se os sintomas de patologias mais comuns em bambu, que haviam possibilidade de ocorrência na estrutura avaliada. Estas puderam ser classificadas de acordo com sua origem: abiótica (fissuras, fotodegradação, conexões e infiltrações) ou biótica (insetos xilófagos, fungos e colonização por insetos ou animais) (BALLESTÉ, 2017; JARAMILLO et al., 2018; KRAUSE; GHAVAMI, 2014; MARÇAL, 2008). O procedimento realizado para análise de cada uma está descrito individualmente, a seguir.

4.2.1. Fissuras

A análise foi visual, em busca de fissuras nos bambus. Subiu-se na estrutura, com auxílio de escada, para observar pontos de difícil visualização do chão. Registrou-se sempre que uma fissura (Figura 4) foi identificada, com marcação da peça no mapa do projeto (Figura 1). Classificou-se o “tipo” da fissura quanto ao seu comprimento: longa quando ultrapassa a divisão de entrenós e supera em 20% o comprimento da peça; e curta, quando não supera estas dimensões (NSR-10, 1997; E.100 BAMBÚ, 2012). A espessura das fissuras foi utilizado como parâmetro subjetivo para determinar a necessidade ou não de instalação de braçadeiras e/ou calafetagem, de acordo com a experiência do avaliador. Por fim, classificou-se a fissura quanto à sua causa: estrutural ou variação dimensional das peças. Estrutural quando a causa das fissuras fosse por movimentação de cargas e variação dimensional quando causadas pela retração e dilatação no sentido radial dos colmos, quando este perde ou ganha umidade, respectivamente.



Figura 4 – Fissura longa em peça de bambu (Fonte: Frederico Rosalino)

As possíveis intervenções a serem indicadas nos possíveis casos de fissuras encontrados, são: instalação de braçadeiras, calafetagem com mistura de resina de mamona e serragem de bambu, ou substituição da peça, em caso de extrema severidade, quando a peça apresentar comprometimento de sua capacidade estrutural.

4.2.2. Fotodegradação

A análise em busca de foto-oxidação foi visual, buscando as peças que apresentavam perda de pigmento, e por meio do tato, constatando a perda da epiderme por textura áspera (Figura 5). Os graus de desenvolvimento de fotodegradação podem ser classificados em inicial, médio e avançado. A peça encontrada com maior fotodegradação seria a referência de estágio avançado e a com menor fotodegradação de estágio inicial. Todas as outras possíveis peças afetadas, então, poderiam ser classificadas utilizando-se esses padrões de referência, determinando o grau de desenvolvimento relativo. Foram avaliadas as intervenções adequadas, entre limpeza, lixamento e aplicação de stain, para os casos encontrados.



Figura 5 - Processo de fotodegradação em peça de bambu em estágio avançado (Fonte: Frederico Rosalino)

4.2.3. Conexões

Procurou-se por parafusos frouxos e sinais de oxidação nas ligações, conferindo o aperto das porcas e possíveis ferrugens. Também buscou-se por sinais de deslocamentos de ligações entre os bambus (bocas de pescada e ligações 45°) (Figura 6). Os procedimentos de recuperação incluíram apertar os parafusos ou troca dos componentes da ligação (parafusos, barras rosqueadas, porcas e arruelas), manutenção da ligação ou substituição da peça.



Figura 6 - Fissura causada por problemas nas ligações (Fonte: Frederico Rosalino)

4.2.4. Infiltrações

Por meio de análise visual e por conversas com os funcionários do local, buscou-se por sinais de infiltrações na cobertura. Goteiras e escorrimentos de água podem permitir que os bambus se molhem, aumentando a umidade e probabilidade de ocorrência de fungos, variação dimensional, que podem ocasionar apodrecimento dos colmos e novas fissuras.

Visualmente os sinais procurados foram marcas de água no bambu, focos de umidade e fungos. Nos possíveis focos de infiltrações, a recomendação pode incluir manutenção do telhado e o fechamento dos pontos de vazamento, restituindo a impermeabilidade.

4.2.5. Fungos

Inspecionou-se por meio de observação, tato e percussão a ocorrência de fungos nas peças de bambu (Figura 7), na intenção de identificar/diferenciar a natureza dos fungos entre emboloradores, manchadores ou apodrecedores. Na falta de características que permitissem a diferenciação da natureza dos fungos, resumiu-se por chama-los somente de “fungos”.

Foram determinadas peças de referência antes do início da inspeção de nível 2, para posterior comparação com os casos observados e determinação do estágio de desenvolvimento relativo. Os piores casos foram determinados como os casos “avançados” de referência. O nível de disseminação mais baixo identificado da patologia foi classificado como estágio “inicial”, e os casos em que seria necessária a substituição da peça, foram classificados como “severo”. Casos que estiveram entre classes e não puderam ser classificados em estágios “avançado” ou “inicial”, foram classificados como “médio”.



Figura 7 - Fungo em estágio “avançado” (Fonte: Frederico Rosalino)

4.2.6. Insetos Xilófagos

A análise foi inteiramente visual, em busca de vestígios que pudessem determinar o agente xilófago, como pequenos orifícios, pó de bambu próximo aos pilares ou debaixo da estrutura (Figura 8). Estes indícios indicam presenças de pragas como os besouros *Dinoderus minutus* (Broca do bambu ou Caruncho do bambu) e *Chlorophorus annularis* (Tigre do Bambu), formigas e cupins.

Os agentes, quando não encontrados, poderiam ser reconhecidos pelos sintomas comuns à suas ações, como por exemplo, o caruncho do bambu que deixa buracos menores em comparação ao besouro tigre, ou a serragem deixada pela ação das formigas e cupins, que tem granulação maior do que a proveniente da ação dos coleópteros, etc. Novamente, aponta-se a importância da experiência prática para identificar os vestígios e reconhecer as ações patológicas, que aos olhos destreinados, podem passar despercebidos.



Figura 8 - Sinais de infestação ativa do Besouro Tigre (*C. annularis*) (Fonte: Luiz Henrique Schaefer)

As infestações foram classificadas em três estágios de desenvolvimento relativo: inicial, médio e avançado. A classificação foi realizada por comparação entre os casos mais e menos desenvolvidos. Casos próximos ao pior caso encontrado foram classificados como “avançados” e casos próximos ao menos desenvolvido foram classificados como “iniciais”. Foram passíveis de classificação em estágio “médio” de desenvolvimento, as observações que visualmente estiveram entre os casos “inicial” e “avançado”. As recomendações de intervenções puderam ser aplicação de inseticida ou substituição das peças.

4.2.7. Colonização por Insetos/Animais

Buscaram-se buracos e/ou brechas, as quais animais e outros insetos pudessem formar tocas, ninhos, colmeias, colônias ou pudessem indicar qualquer outra presença de animais (Figura 9). Tais ocorrências podem favorecer o apodrecimento do bambu pelo acúmulo de umidade, a deposição de fungos e atrair novos moradores, podendo comprometer a estrutura. Os agentes foram identificados de acordo com a observação de seus vestígios ou pela visualização dos indivíduos. Nos casos de “casas” estabelecidas, animais ou insetos utilizando os bambus como refúgio, a intervenção sugerida foi retirada e limpeza das peças afetadas.



Figura 9 - Ninhos de aves e casas de insetos na estrutura (Fonte: Frederico Rosalino)

4.2.8. Coleta e Registro

A fim de melhor registrar os dados, organizar as informações e avaliar as patologias, foi utilizado um mapa dos projetos (Figuras 10 e 11) para identificar as peças danificadas. Foi feita uma divisão da estrutura em partes simétricas no eixo Norte-Sul e Leste-Oeste, resultando em quatro quadrantes (Figura 10), para melhor compreender o comportamento das patologias na estrutura (Figura 11). A tesoura central da estrutura é tratada como “centro”.

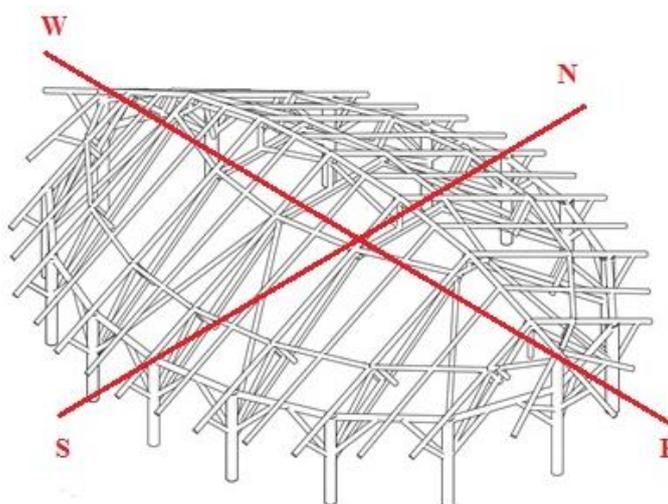


Figura 10 - Mapa do projeto e subdivisões das coordenadas geográficas (Fonte: Frederico Rosalino, modificada)



Figura 11 – Vista pelo lado sul da Oca em período próximo à finalização de sua construção (julho de 2013)(
Fonte: Frederico Rosalino)

Os dados de cada peça afetada foram preenchidos em ficha, relacionando-se com a respectiva patologia, seu grau de intensidade/evolução relativo e recomendação de intervenção, permitindo quantificar as informações. Os graus de intensidade/evolução dos sintomas foram estabelecidos conforme referências das peças mais e menos afetadas na estrutura, determinando os graus de intensidade máximo e mínimo, respectivamente. Sendo ainda o grau de severidade máxima, o caso de necessidade de substituição de peças.

Para coleta e registro dos dados utilizou-se prancheta, papel e lapiseira (Figura 12). Foram utilizados recursos sensoriais, como a visão, tato e percussão (audição), para identificar as patologias nas peças. Uma escada foi utilizada para melhor acesso aos pontos altos. Para registro visual foi utilizada máquina fotográfica.



Figura 12 - Avaliação visual geral nível 1 das patologias (Fonte: Schaila Rodrigues)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Pré-Inspeção e Inspeção (preliminar) de Nível 1

Na pré-inspeção, que contou com a inspeção do projeto e entrevista com funcionários da Chácara do SinPro-DF, foram constatados algumas mudanças para se adequar aos esforços estruturais demandados durante e após a construção da Oca. Foram adicionadas algumas peças, não previstas em projeto, de sustentação da cobertura, assim como foram reforçadas algumas tesouras e caibros, passando de 122 para 134 o número de peças de bambu utilizadas. Também foi feita a adição de barras de aço no sentido “Norte-Sul” do projeto, para impedir o movimento de abertura dos pilares também neste sentido, pelo esforço gerado pelo peso da cobertura da obra. A causa deste movimento indesejado é a falta de fundação dos pilares, os quais estão somente apoiados no chão, o que pode ser considerado falha de execução, por negligenciar orientações de projeto. Após estas devidas medidas de precaução realizadas, nenhuma outra falha estrutural foi reportada pelos usuários entrevistados.

Na Inspeção de Nível 1, Foram identificadas seis patologias ao total, sendo 3 abióticas: fissuras, fotodegradação e problemas em ligações, e 3 bióticas: insetos xilófagos, colonização por insetos/animais e fungos. Durante a observação da estrutura Oca e durante conversa com os funcionários, não foram detectados problemas de infiltrações. Pela disseminação de patologias na estrutura e pela necessidade de maior compreensão dos casos observados, por meio de estudos mais aprofundados, a obra foi categorizada como “classe amarela” em prioridade de intervenção (BONAMINI, 1995; BRITO, 2014) e foi realizada a inspeção de nível 2.

Próximo ao forramento pode ser observado muita poeira, teias de aranha, resíduos de animais e marcas d’água que estão presentes desde o período de construção (Figura 13). Apesar de não serem apresentados como patologias, são fatores favoráveis ao estabelecimento destas e dificultam a identificação das mesmas. Portanto, deverão ser tomadas medidas de intervenção para estes casos, como limpeza das peças e do forramento.



Figura 13 - Casos não classificados como patologias na estrutura (Fonte: Frederico Rosalino e Luiz Henrique Schaefer)

5.2. Inspeção (detalhada) de Nível 2

Foram identificadas 91 peças afetadas por patologias, totalizando quase 68% das peças dispostas na obra (Figura 14). Destas, 32 peças apresentaram duas ou mais patologias e o restante apresentou uma das patologias isoladamente (Figura 15). A maior parte das patologias foi encontrada do lado oeste da estrutura, 46 casos, e a parte leste apresentou 39 casos. A tesoura central ainda apresentou seis casos, completando o total de peças afetadas.

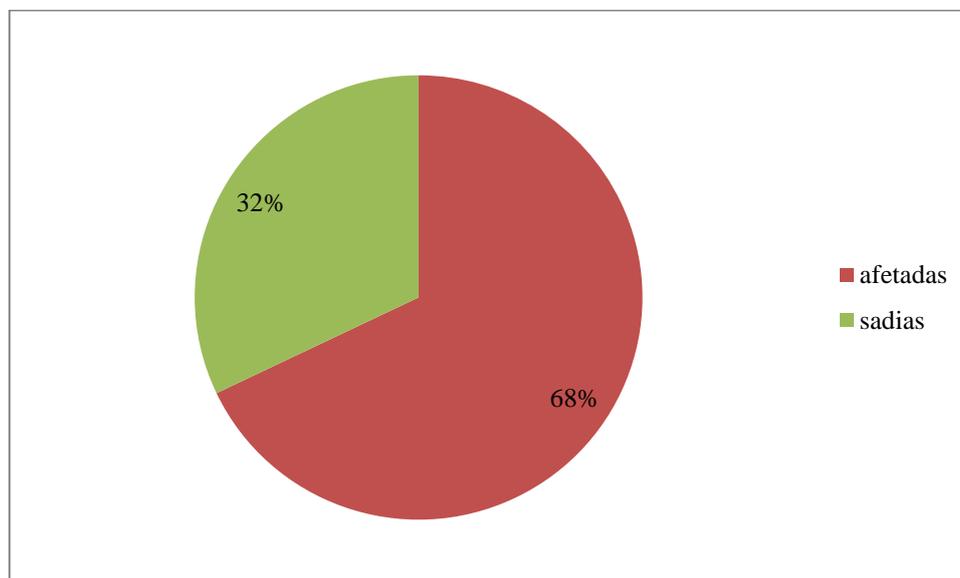


Figura 14 – Percentual de peças afetadas por patologias e peças “sadias” de toda Oca (Fonte do Autor)

O fato de o percentual de peças afetadas por duas ou mais patologias ter sido alto, corrobora com a premissa de que a ocorrência de uma patologia em uma peça pode torná-la

mais susceptível à ocorrência de outras, como é possível perceber a facilidade de infiltração d'água e entrada insetos ou outros animais, gerada por uma fissura no colmo, ou ainda pela redução das defesas do bambu contra insetos, causada por um ataque de fungos e etc (BRITO, 2014; MARÇAL, 2008; MOHANAN, 1997).

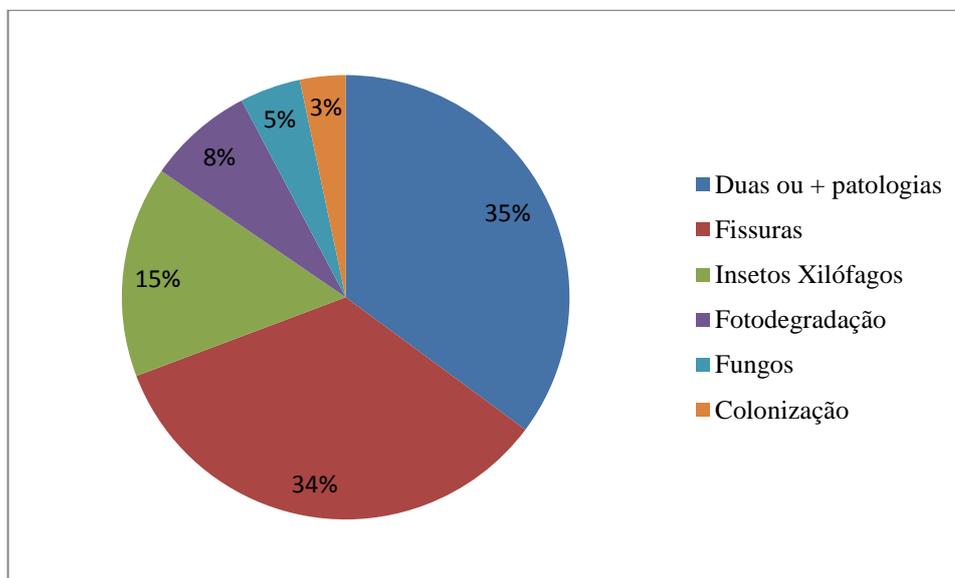


Figura 15 - Percentuais de patologias manifestadas individualmente nas peças afetadas ou combinações (duas ou + patologias) nas peças (Fonte do autor)

As informações dos sintomas e patologias encontrados foram apresentadas tratando cada distúrbio individualmente, apresentando primeiro as de causas abióticas, seguidas pelas patologias de origens bióticas.

5.2.1. Patologias Abióticas

- Fissuras

Fissura nos colmos (Figura 16) foi a patologia de maior ocorrência, afetando 55,2% do total de peças da estrutura. Dos 74 casos registrados para a patologia, 46 foram longas conforme a determinação na metodologia. As causas identificadas para as fissuras foram por variação dimensional (Figura 17), exceto um caso estrutural (Figura 18).

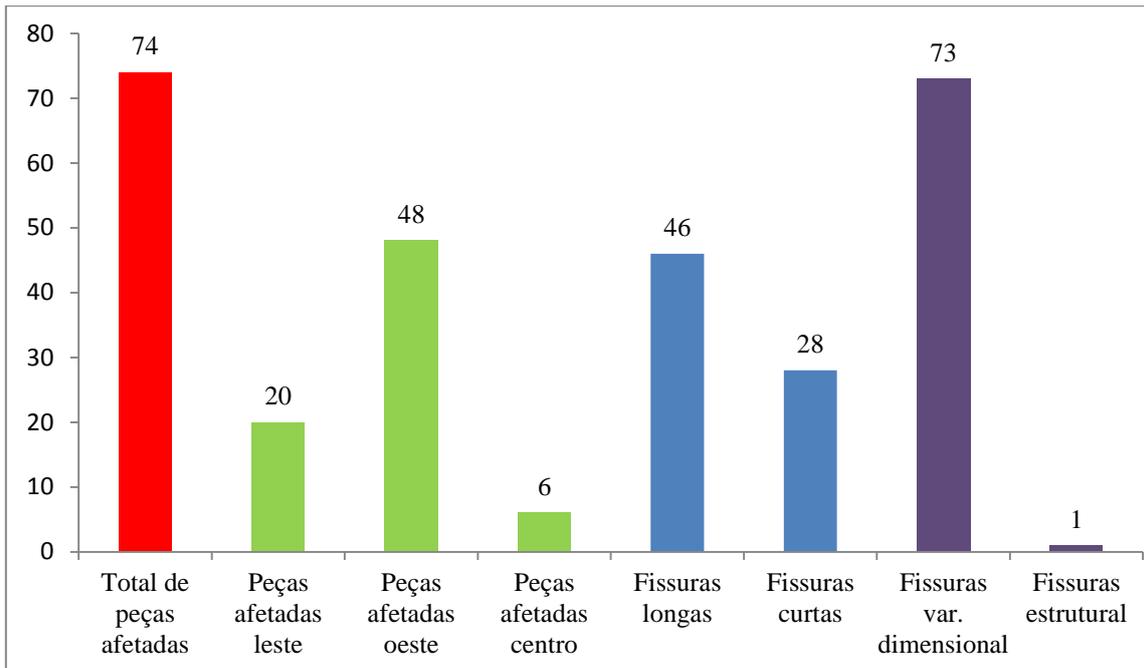


Figura 16 - Dados coletados sobre as fissuras na estrutura Oca, separando análises por cores (Fonte do Autor)



Figura 17 – Fissuras curta (seta vermelha) e longa (seta amarela)(Fonte: Frederico Rosalino, modificada)



Figura 18 - Fissura gerada por causa estrutural (Fonte: Frederico Rosalino)

A quantidade de fissuras encontradas chama atenção, somado ao fato de que 62% destas são longas. Ainda que já se saiba que, uma vez ocorrida a rachadura, é muito fácil que ocorra o seu crescimento e aprofundamento, principalmente sobre esforços de flexão (FANG et al., 2018), é difícil avaliar o comprometimento exato da estrutura causado pelas fissuras.

Uma vez que a resistência mecânica do bambu seja devida ao conjunto de fibras longitudinais distribuídas em suas paredes (HIDALGO-LÓPEZ, 2003), o comprometimento da capacidade de resistência da peça, e conseqüentemente da estrutura, é relativo. Pode depender da quantidade e comprimento das fissuras em um mesmo colmo e dos esforços os quais a peça está sujeita. Portanto avaliações e testes específicos possuem maior capacidade elucidativa e devem ser feitos, caso se queira compreender melhor o impacto das fissuras na estrutura.

A grande ocorrência de fissuras encontradas é compreendida pela exposição do material às ações climáticas. Como a estrutura da Oca não possui paredes, recebe diariamente vento, umidade e luz solar, de acordo com o clima. Corrobora o fato quando analisamos as partes da estrutura separadamente (Figura 19). O lado oeste, o qual é mais exposto ao sol e vento, por não possuir cobertura vegetal tão relevante como o lado leste, apresentou 65% dos casos de fissuras identificados, evidenciando que, tanto o vento, como o calor, estão relacionados diretamente com essa patologia.

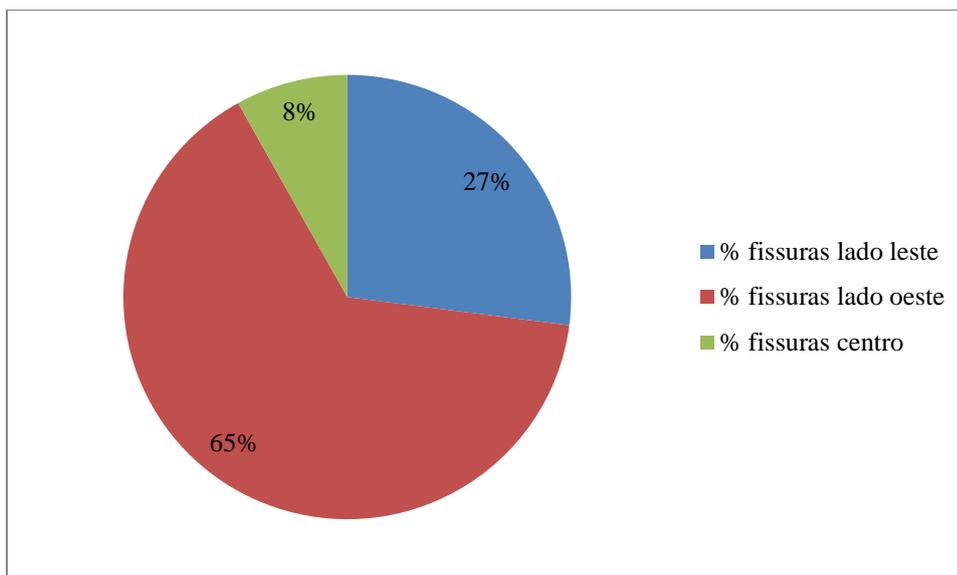


Figura 19 - Percentual de fissuras de acordo com suas localizações na estrutura. (Fonte do Autor)

Como a proposta desta estrutura é justamente proporcionar um espaço aberto para reuniões e palestras, deve-se trabalhar com a exposição do bambu aos fatores mencionados. Deste modo, como forma de evitar ou reduzir a ocorrência das rachaduras, propõe-se o uso de stain fosco ou verniz regularmente (MARÇAL, 2008), de forma a reduzir a troca de umidade dos bambus com o meio e, conseqüentemente, sua variação dimensional ao longo do dia. A necessidade de aplicação dos seladores pode ser verificada anualmente, por inspeção simples.

Uma vez estabelecida a patologia, de nada adianta o tratamento com selantes e vernizes. Para casos de correção existem duas possibilidades de acordo com a severidade do caso. Para casos menos graves, com fissuras menos largas, o uso de braçadeiras é suficiente. As braçadeiras funcionam impedindo o movimento radial dos tecidos do bambu e a ampliação das fissuras. Para casos mais avançados, juntamente com as braçadeiras, deve-se realizar a calafetagem. A calafetagem é o preenchimento do vão criado pela rachadura. Pode ser realizado com uma mistura que leva cola para madeira e serragem de bambu, ou ainda por outras resinas naturais, como de mamona, substituindo a cola na mistura (figura 20).



Figura 20 - Calafetagem com resina de mamona e serragem (seta amarela), realizada em uma outra estrutura do Complexo do SinPro. (Fonte: Luiz Henrique Schaefer)

- Fotodegradação

A fotodegradação foi a segunda patologia de maior ocorrência de origem abiótica, e a terceira maior em toda a estrutura. Foram identificados 24 casos, no total de 134 peças da estrutura. A maioria dos casos registrados (54%) foi enquadrada em grau inicial de desenvolvimento relativo, apresentando leves indícios de desgaste superficial. Somente três elementos foram enquadrados em estágio avançado, sendo estes os casos de referência pré-estabelecidos como os piores casos (Figuras 21 e 22).

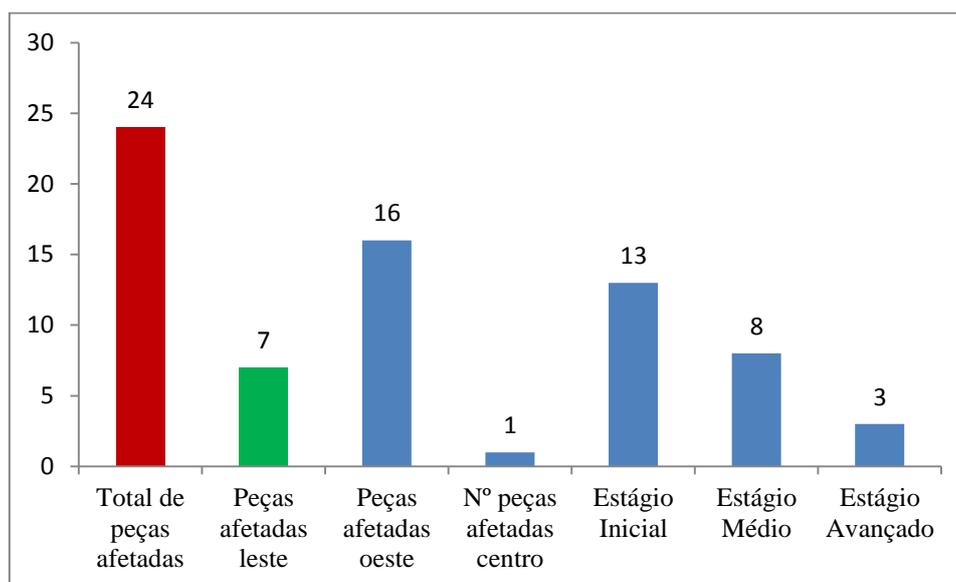


Figura 21 - Total de peças afetadas em relação à posição e estágio de desenvolvimento relativo para a patologia fotodegradação (Fonte do Autor).

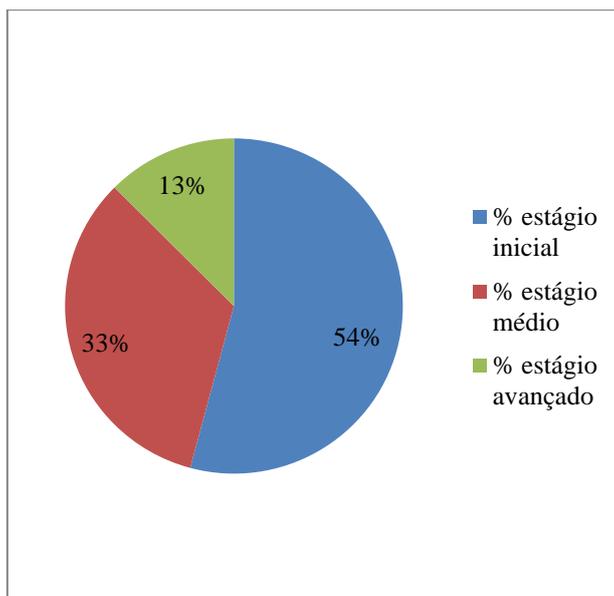


Figura 22 – Percentuais dos casos de fotodegradação registrados (Fonte do Autor)

As peças afetadas foram sempre as mais próximas aos pilares, as quais estão mais sujeitas a receber luz do sol diretamente no amanhecer ou entardecer. Como há uma variação no trajeto solar ao longo das estações, observou-se uma ocorrência dos sintomas em diversos pontos da estrutura, tanto do lado leste, como do lado oeste. Porém, assim como a ocorrência de fissuras, a maior parte dos casos se concentrou do lado oeste da estrutura (Figura 23).

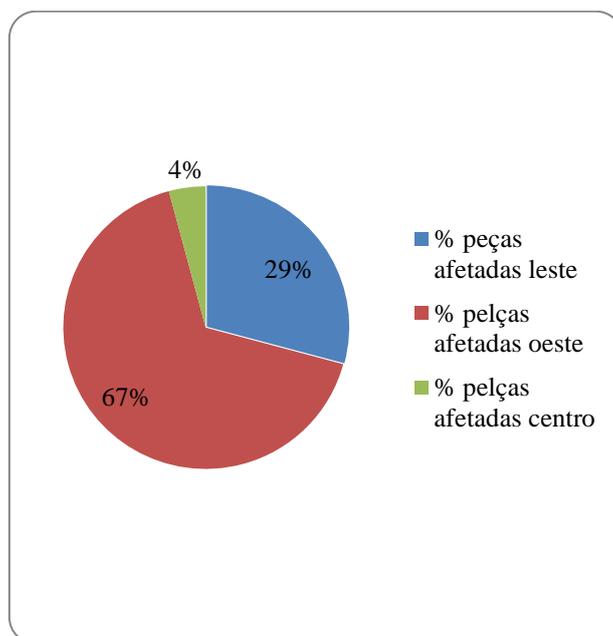


Figura 23 - Percentual de ocorrências de fotodegradação em relação à posição na estrutura (Fonte do Autor)

Novamente explica-se o fato pelo lado oeste ser o lado menos protegido por vegetação e mais exposto à ação solar. Sabe-se que todas as peças foram protegidas com “Stain” durante a construção da obra, e que este tem uma durabilidade limitada, principalmente quando exposto às intempéries. Fabricantes recomendam a manutenção em períodos de seis meses até dois anos (JUNIOR; KENUPP; CAMPOS, 2009), de acordo com o uso. Como as peças em questão estão expostas há seis anos, a falta de manutenção dessa proteção está permitindo a deterioração do material.

Mesmo que maior parte dos casos registrados estejam enquadrados como estágios relativos inicial ou médio (21 de 24) (Figura 24), recomenda-se o lixamento e a reaplicação de Stain ou verniz para reestabelecer a homogeneidade da coloração e a proteção do material. Mesmo que não haja comprovação científica, pela experiência dos profissionais que atuam na área, o Stain fosco é o tipo de selante que melhor se adapta ao uso com bambu, por penetrar e impregnar também os veios do bambu (MARÇAL, 2008). Para os casos em que já existe uma despigmentação notável, é necessário o lixamento da peça, reestabelecendo a homogeneidade da cor, seguido pela aplicação do selante superficial. Ainda, como outra forma de proteção, o cultivo de plantas suspensas na estrutura nesta área mais exposta pode reduzir a ação do sol sobre bambu, sem criar um ambiente.



Figura 24 - Exemplos de casos em estágio inicial (A), médio (B) e avançado (C) de fotodegradação (Fonte: Frederico Rosalino e Luiz Henrique Schaefer)

- Conexões

A única ocorrência de problema de conexão foi identificada pelo fendilhamento paralelo às fibras, causado pela má distribuição da carga, provinda do assoalho, em uma peça de bambu (Figura 25). Quando a boca de pescada - tipo de conexão utilizado no caso da patologia - é feita de forma que a boca feita pela serra copo não se encaixa perfeitamente na peça a qual ela deve se apoiar, onde o esforço é aplicado em somente uma das bordas da conexão, gerando uma força de abertura do colmo. Outro fator importante é a distância do nó para a ligação. Quanto mais distante o nó, menor a resistência ao esforço radial e ao fendilhamento paralelo às fibras. Pode ser observado na própria figura 25 que a boca de pescada da peça a esquerda é feita bem próximo ao nó, enquanto que na peça defeituosa, a direita, o nó está distante da ligação.



Figura 25 – Fendilhamento paralelo às fibras causado pela má distribuição de cargas na conexão (Fonte: Frederico Rosalino)

O processo de confecção de conexões em bambu ainda é feito de maneira artesanal e depende muito da habilidade do construtor. Um pequeno descuido ou desatenção no manuseio das ferramentas utilizadas para realizar a ligação, pode gerar um distanciamento entre elementos e a possibilidade de ocorrência da patologia. Para tanto, deve-se ter muita atenção no momento de elaboração destas e, caso se identifique o erro, deve-se corrigi-lo o mais rapidamente possível, a fim de evitar manutenções em momentos mais complexos, como após

a construção da obra. Por mais que a afirmação pareça óbvia, é comum o negligenciamento por parte de operários de problemas que podem parecer irrelevantes, mas que podem ter consequências graves.

Para solucionar o caso identificado, deve-se verificar a possibilidade de inserção de uma braçadeira metálica para impedir que a força de fendilhamento continue a atuar, ou, ainda, a possibilidade de substituição da peça. Como a peça referida recebe carga diretamente do assoalho, a substituição da peça pode se tornar um processo trabalhoso, complexo e dispendioso.

5.2.2. Patologias Bióticas

- Insetos Xilófagos

Foram encontradas em 40 peças a presença de insetos xilófagos (Figura 26), sendo em todos os casos o ataque causado por coleópteros. Os vestígios dos ataques encontrados foram característicos de *Chlorophorus annularis*, exceto um único caso, em que foi encontrado vestígios de *Dinoderus minutus*. De todos os casos, somente dois encontravam-se no estágio relativo avançado, estando 25 em estágio inicial e 13 em estágio médio (Figura 27).

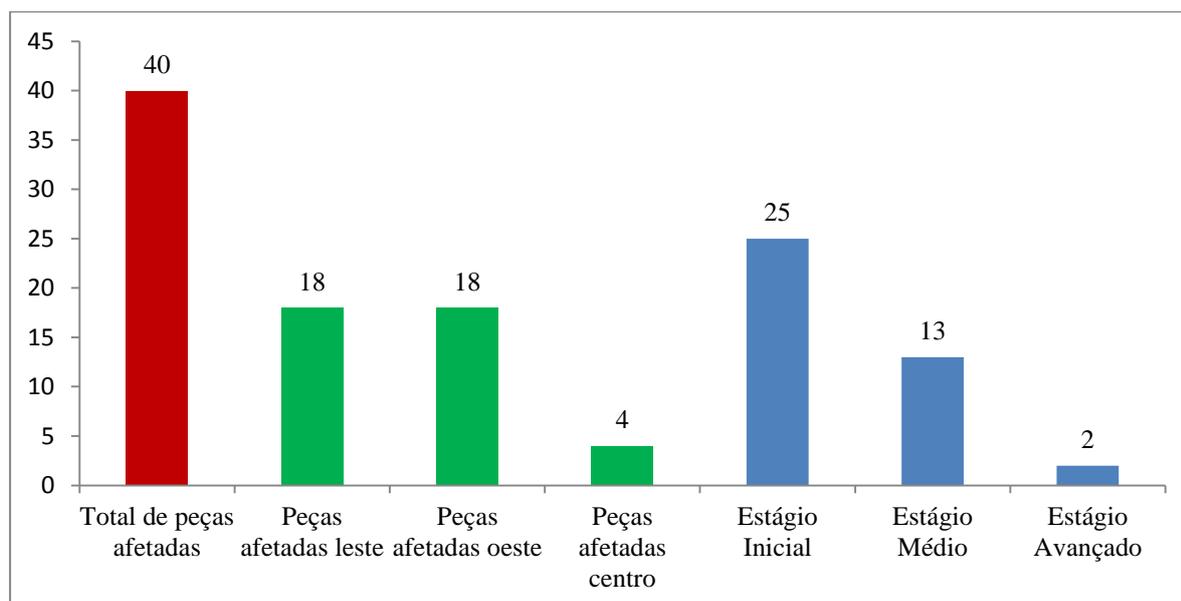


Figura 26 - Dados numéricos em relação ao total de casos de insetos xilófagos, posição e estágio de desenvolvimento relativo (Fonte do Autor)

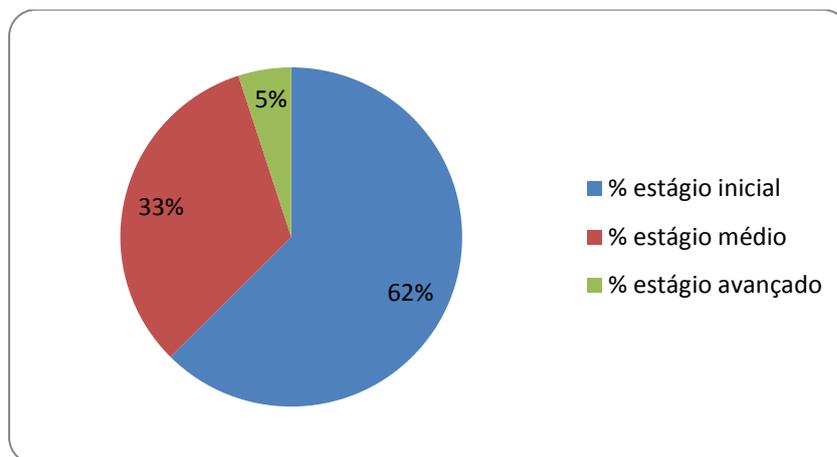


Figura 27 - Estágio de desenvolvimento relativo dos casos registrados de insetos xilófagos (Fonte do Autor)

Assim como *D. minutus*, *C. annularis* é uma praga de ocorrência comum, também registrada em um trabalho de inspeção e estado de conservação de estrutura de bambu, no sul do Brasil (JARAMILLO et al., 2018). Porém, a gravidade dos casos de *D. minutus* geralmente é maior, por sua alta velocidade de propagação e por sua alimentação incluir partes de importância estrutural do bambu (VARMA; SAJEEV, 2015). Apesar de ter sido encontrado somente um caso no presente estudo (Figura 28), aparentemente de pequeno desenvolvimento, deve-se combatê-lo o mais rápido possível a propagação do inseto com aplicação de inseticida adequado.

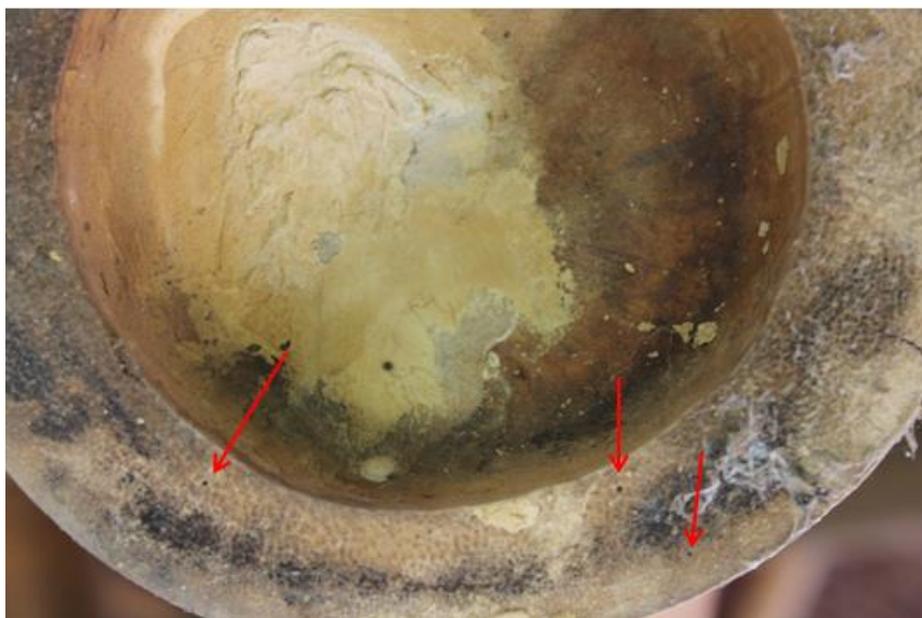


Figura 28 - Perfurações características de ataque de *D. minutus* (setas vermelhas) (Luiz Henrique Schaefer)

Apesar de *C. annularis* (Figura 29) ser bastante comum, geralmente causam poucos danos e, ainda, registros apontam que tratamentos preservativos bem realizados, de maior duração, podem erradicar a sua presença (GARDNER, 1945). Ainda assim, é importante identificar o motivo da ocorrência do amplo ataque desse coleóptero na estrutura, provavelmente relacionado ao tratamento de imersão simples realizado de forma inadequada, e combatê-lo antes que alcance proporções mais sérias. No presente caso, para erradicá-lo da estrutura, é necessária aplicação de inseticida em todas as peças nas quais foram identificadas a presença do inseto.

Problemas no tratamento podem estar relacionados à sua duração, à absorção ou concentração da solução preservativa. Para efetuar de maneira correta este procedimento, deve-se garantir um bom período de imersão dos bambus na solução preservativa, garantindo a homogeneização do produto no material. Também é importante uma correta preparação da solução preservativa, garantindo uma proteção efetiva do material (BERALDO; FERREIRA; VIEIRA, 2006). Como no presente estudo de caso o processo de tratamento não foi registrado, limita-se a capacidade de compreensão do ataque e das causas que estão possibilitando o ataque de insetos no bambu.

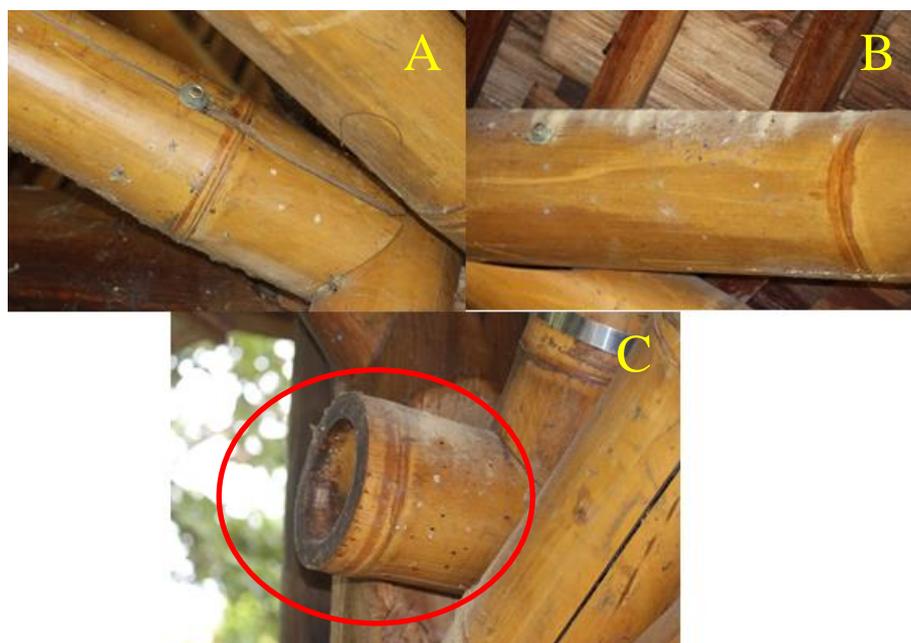


Figura 29 - Casos em estágios: inicial (A), médio (B) e avançado (C) de ataque de *C. annularis* (Fonte: Frederico Rosalino e Luiz Henrique Schaefer)

- Fungos

Fungos foram identificados nas peças em menor quantidade do que insetos (Figura 30), porém tiveram relevância de quase 15% no total de peças da edificação. Ao contrário das fissuras e da fotodegradação, 70% dos registros realizados para esta patologia estiveram na

porção leste da estrutura (Figura 31). De todos os casos, somente um se destacou em pior estágio, considerado assim o caso referência. Dos 19 casos restantes, dez (10) foram classificados em estágio inicial e nove (9) em estágio médio (Figura 30). Todos os casos foram identificados como fungos manchadores pela natureza de sua ação.

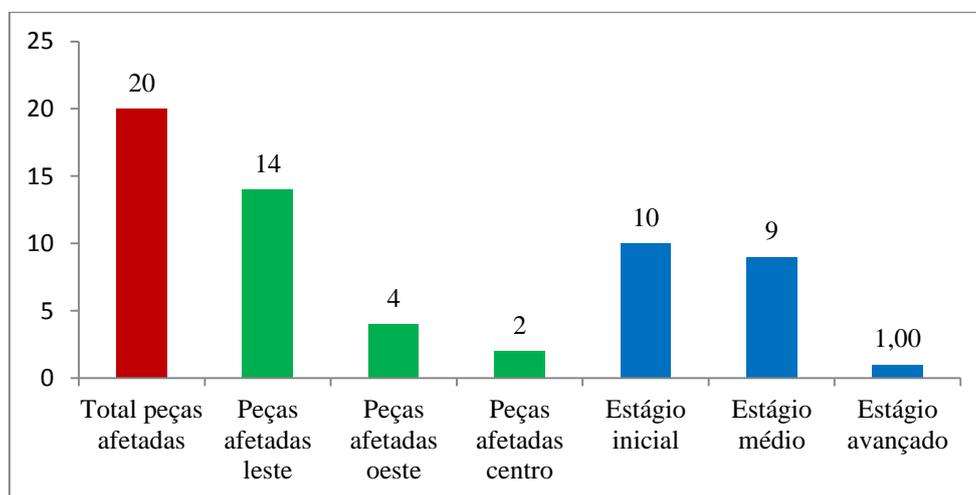


Figura 30- Informações relativas ao registro de fungos na estrutura. (Fonte do Autor)

Compreende-se do fato da porção leste da estrutura ser mais sombreada e protegida por vegetação que há maior manutenção da umidade e de condições ideais para estabelecimento de fungos (Figura 31). Esta informação combinada ao fato de patologias manifestadas por maior exposição à ação solar e outros agentes climáticos estarem do lado oposto da edificação, indica que soluções arquitetônicas que considerem o ambiente e suas ações no material utilizado podem reduzir a quantidade de patologias nas construções, especialmente em bambu. Para verificar esta afirmação, mais estudos de caso devem ser realizados, em diferentes condições e com diferentes soluções arquitetônicas, a fim de se comparar estudos e melhor compreender o comportamento das patologias em bambu.

Somado ao fator “umidade”, a falta de limpeza e manutenção das camadas superficiais de verniz dos bambus fornecem um ambiente aderente, favorável à deposição de esporos de fungos e permitem o seu desenvolvimento (BALLESTÉ, 2017). Maiores cuidados neste sentido, contando com limpeza regular e aplicação da proteção superficial, certamente reduziria a aparição de fungos.

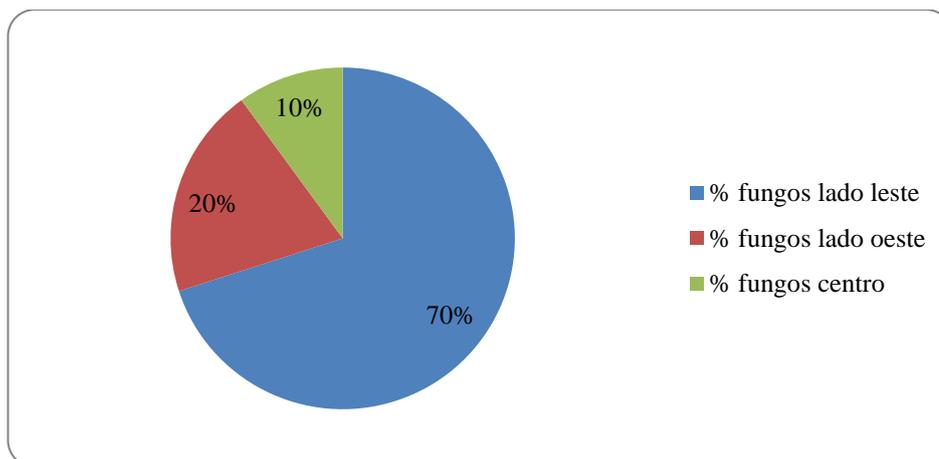


Figura 31 – Percentual de ocorrência de fungos em relação à posição na “Oca” (Fonte do Autor)

Foram observados três tipos de manchas distintas, levando a crer que existem três tipos diferentes de fungos manchadores na obra. Houve casos de pequenas manchas acinzentadas, de claras a escuras, circulares e descontínuas e casos de manchas grandes, pretas e contínuas (Figura 32), ambos sem apresentar mudança na textura da superfície do bambu e diferença de sonoridade pelo teste de percussão. Estes casos foram encontrados no interior da Oca, nos locais protegidos pela cobertura sem contato direto com água.



Figura 32 - Diferentes tipos de manchas de fungos encontrados durante avaliação (Fonte: Frederico Rosalino)

O outro tipo de mancha observada foi de colorações esverdeadas a azuladas, escuras, encontradas nos extremos dos colmos, na parte interna às paredes. Estas manchas foram vistas sempre nas extremidades dos colmos próximos às calhas, em locais expostos diretamente à água da chuva (Figura 33).



Figura 33 - Fungo encontrado nas extremidades dos colmos, em locais úmidos. (Luiz Henrique Schaefer)

Já que fungos destes tipos possuem implicações somente estéticas, para todos os casos foram recomendados limpeza, escovação e aplicação de stain para resolução do problema. Porém, caso não sejam tomadas medidas, essas patologias podem evoluir para casos mais graves, criando condições para fungos apodrecedores. Desta forma, as implicações podem deixar de ser somente estéticas, e tornarem-se também estruturais, acarretando em aumento do custo para a manutenção.

- Colonização de insetos e animais

A colonização de insetos e animais foi a segunda menor patologia de ocorrência em todo o estudo, com apenas oito (8) casos. Os registros se resumiram em pequenas casas de marimbondos (3 casos) e ninhos de andorinhas (5) pela estrutura (Figura 34). Os registros estiveram distribuídos desigualmente pela estrutura, estando 62,5% dos casos registrados na porção oeste da Oca e mais casos registrados no centro do que em toda a porção leste (Figura 35).

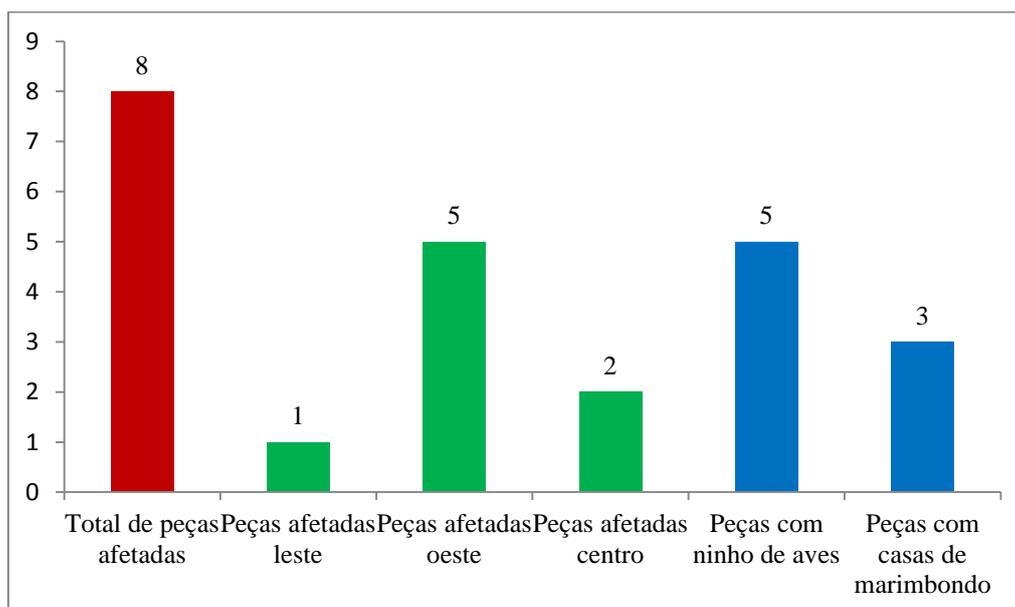


Figura 34 - Dados numéricos em relação à colonização de insetos e animais (Fonte do Autor)

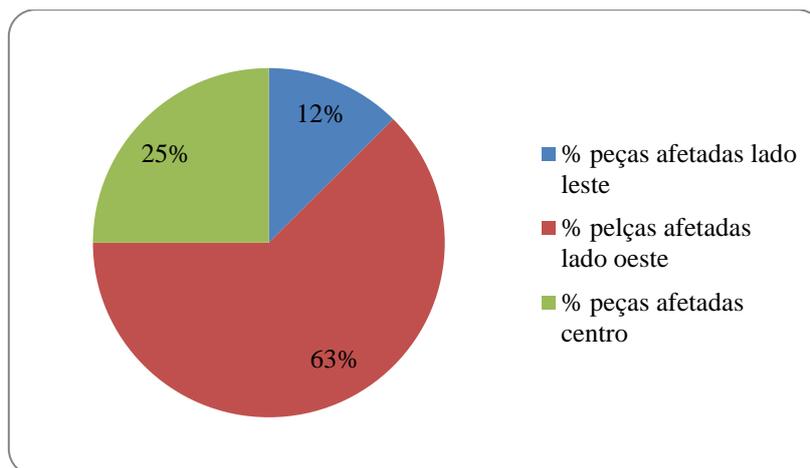


Figura 35 – Percentual de “colonizações” em relação à posição na estrutura “Oca”. (Fonte do Autor)

As ocorrências registradas não possuem nenhum impacto estrutural direto e são de baixa preocupação, podendo ser evitadas com a limpeza regular da obra. Os ninhos e as casas de insetos utilizam os vãos naturais dos bambus e os espaços entre as ligações para se estabelecerem, sendo comuns os seus surgimentos.

Entretanto, ninhos de aves são ambientes favoráveis ao acúmulo de umidade e material orgânico (Figura 36), atraindo outros agentes biológicos, como fungos e insetos, que, por sua vez, podem afetar a estrutura. Casas de marimbondos, vespas e abelhas são comuns em bambus (Figura 37), pois o bambu é naturalmente um ambiente próprio para seus estabelecimentos, com estrutura oca e composição orgânica. Porém, estes insetos colocam em risco a segurança dos usuários da construção e devem ser retirados, assim como os ninhos de aves.



Figura 36 - Ninho de andorinha em bambu (Frederico Rosalino)

Para retirar os ninhos das aves, basta fazer a transferência dos ninhos para locais próximos e efetuar a vedação dos locais utilizados como morada. Porém, como forma de manter a proposta de sustentabilidade do Centro de Referência em Educação ambiental, pequenos colmos de bambu suspensos poderiam ser distribuídos na estrutura para abrigar estes e futuros ninhos. Para retirar os marimbondos, deve-se verificar a presença dos insetos antes de iniciar o processo para reduzir os riscos. Caso haja insetos, pode ser realizada uma fumigação, para que as casas possam ser retiradas manualmente sem risco de ataque.



Figura 37 - Casa de marimbondos em extremidade da peça de bambu (Luiz Henrique Schaefer)

6. CONCLUSÕES

- Foram encontradas 91 peças afetadas dentre as 134 que compunham a obra, sendo que 32 peças apresentaram duas ou mais patologias;
- Dentre as 91 peças afetadas, 74 apresentaram fissuras, 40 ataques insetos xilófagos, 24 fotodegradação, 20 ataques de fungos, 8 colonizações por insetos ou animais e 1 problema de conexão;
- A ocorrência de fissuras, fungos e fotodegradação puderam ser associadas às suas posições na estrutura, estando sujeitas às ações do ambiente (como vento, variação climática e umidade);
- Soluções arquitetônicas que considerem o ambiente podem evitar ou reduzir a ocorrência de patologias em estruturas de bambu;
- A presença dos coleópteros xilófagos foram relacionadas a um possível tratamento preservativo inadequado;
- A ocorrência de colonizações de aves e marimbondos foi relacionada à falta de manutenção (limpeza) da estrutura a qual poderá facilitar a disseminação de fungos;
- Uma única patologia foi caracterizada como falha técnica de conexão;
- O elevado percentual de patologias observadas sugere a necessidade rápida de intervenção na Oca.

Recomendações

- Para futuros estudos, os processos de produção, desde a colheita dos bambus até a construção, devem ser registrados sistematicamente, de forma que os sucessos ou insucessos encontrados nos estudos, possam ser identificados com maior precisão e reproduzidos ou evitados, de acordo com sua natureza e interesse.
- Como forma de melhor relacionar as patologias com as suas causas e melhor compreender a utilização do bambu em estruturas fixas, mais estudos de caso devem ser realizados. É necessária a avaliação de um maior número de estruturas também em outras regiões. Dessa forma, poderá se entender melhor o efeito das variáveis sobre o bambu e aprimorar seu uso em diferentes condições. Ainda existem muitas variáveis as quais não se tem o conhecimento, que limitam o uso e a confiabilidade do mercado consumidor do material.
- Ainda, como forma de melhor aproveitar o material, sugere-se que ocorram mais estudos de produtos preservativos, sejam estes novos ou os mesmos já conhecidos, em diferentes utilizações e metodologias. Dessa forma, há de se encontrar um

produto e aplicações ótimas que ajudem o melhor desempenho possível do bambu em obras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- AMADA, S.; UNTAO, S. Fracture properties of bamboo. v. 32, p. 451–459, 2001.
- AWALUDIN, A.; ANDRIANI, V. Bolted bamboo joints reinforced with fibers. **Procedia Engineering**, v. 95, n. Scescm, p. 15–21, 2014.
- BALLESTÉ, J. F. **Desempenho construtivo de estruturas de cobertura com colmos de bambu Joan Font Ballesté**. [s.l.] Universidade de São Paulo-USP, 2017.
- BERALDO, A.; AZZINI, A. **Bambu: Características e Aplicações**. [s.l.] Agropecuaria, 2004.
- BERALDO, A. L.; FERREIRA, G. C. S.; VIEIRA, F. F. **Avaliação da Degradação de Colmos de Bambu por Meio de END por Ultra-Som**. Itatiba, SP: [s.n.].
- BONAMINI, G. **Restoring Timber Structures - Inspection and evaluation**. [s.l.] Eurofortech, 1995.
- BRASHIER, K. E. **Ancestral Memory in Early China**. London: Havard University Asia Center, 2011.
- BRITO, L. D. **Patologia Em Estruturas De Madeira: Metodologia De Inspeção E Técnicas De Reabilitação**. [s.l.] Universidade de São Paulo-USP, 2014.
- BURGOS, A. REVISIÓN DE LAS TÉCNICAS DE PRESERVACIÓN DEL BAMBÚ. v. 33, p. 11–20, 2003.
- CARBONARI, G. et al. BAMBU – O AÇO VEGETAL. **Mix Sustentável**, v. 3, p. 17–25, 2017.
- CED13. **Structural Design using Bamboo - Code of Practice Kindly**India, 2009.
- CHAOWANA, P. Bamboo : An Alternative Raw Material for Wood and Wood-Based Composites Bamboo : An Alternative Raw Material for Wood and Wood-Based Composites. n. January 2013, 2015.
- E.100 BAMBÚ, N. T. **Norma técnica E. 100 Bambú. Reglamento Nacional de Edificaciones**. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2012Disponível em: <<http://www.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/normas/>>
- EDWARDS, K.; DOING, H. The Importance of Bamboo and Housing Construction: a Case Study in Flores. In: **Bamboo, People and The Enviroment - Engineering and utilization**. New Delhi: Thomson Press Ltd., 1995. p. 33–37.
- ESCAMILLA, E. Z.; HABERT, G.; LOPEZ MUÑOZ, L. F. Environmental Savings Potential from the Use of Bahareque (Mortar Cement Plastered Bamboo) in Switzerland. **Key Engineering Materials**, v. 600, p. 21–33, 2014.
- FANG, C. H. et al. **An overview on bamboo culm flatteningConstruction and Building Materials**, 2018.
- GALVÃO, A. P. M.; MAGALHÃES, W. L. E.; DE MATTOS, P. P. **Processos Práticos**

para Preservar a Madeira. Colombo, PR: [s.n.].

GARDNER, J. C. M. . Note on the Insects Borers of Bamboos and their Control. **Forest Bulletin**, v. 125, 1945.

GRANDISKI, P. **Problemas Construtivos-I.** [s.l: s.n.].

HIDALGO-LOPEZ, O. **Technologies developed in Colombia in the bamboo housing construction field.** International symposium on industrial use of bamboo, Beijing. **Anais...**Beijing, China: Chinese Academy of Forestry, 1992

HIDALGO-LÓPEZ, O. Study of Mechanical Properties of Bamboo and Its Use as Concrete Reinforcement: Problems and Solution. In: **BAMBOO, PEOPLE AND THE ENVIRONMENT - Engineering and utilization.** New Delhi: Thomson Press Ltd., 1995. p. 76–91.

HIDALGO-LÓPEZ, O. **Bamboo: The Gift of the Gods.** [s.l.] The Author, 2003.

JANSSEN, J. J. A. **Designing and Building with AoIP.** Eindhoven: INBAR, 2009.

JARAMILLO, A. et al. Inspección y estado de conservación de edificaciones de bambú en el litoral de Santa Catarina - Brasil Resumen. p. 1–14, 2018.

JUNIOR, A. B. T.; KENUPP, L. K.; CAMPOS, R. DE Q. Utilização de bambu na construção civil – uma alternativa ao uso de madeira. v. 5, p. 7, 2009.

KRAUSE, J. Q.; GHAVAMI, K. Transversal reinforcement in bamboo culms. n. October 2009, 2014.

LEE, A. W. C.; BAI, X.; PERALTA, P. N. Selected physical and mechanical properties of giant timber bamboo grown in South Carolina. **Forest Products Journal**, v. 44, n. Sep, p. 7, 1994.

LELIS, A. T. et al. **Biodeterioração de Madeiras em Edificações.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2001.

LICHTENSTEIN, N. B. **PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES.** São Paulo: [s.n.].

LONDOÑO, X. El bambú en Colombia. **Reseña Científica Biotecnología Vegetal**, v. 11, n. 3, p. 143–154, 2011.

LÓPEZ, M.; BOMMER, J.; MÉNDEZ, P. the Seismic Performance of Bahareque Dwellings in El Salvador. **13th World Conference on Earthquake Engineering**, n. August, 2004.

MARÇAL, V. H. S. **Uso Do Bambu Na Construção Civil.** [s.l.] Universidade de Brasília-UnB, 2008.

MARTINS, R. DOS S. Impregnação do bambu *Dendrocalamus giganteus* Wall . x Munro , com diferentes nanopartículas de prata para prevenir ataques fúngicos . p. 1–122, 2016.

MARTITEGUI, F. A. et al. **Intervencion en Estructuras de Madera.** [s.l.] Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la MAdera. AITIM, 2002.

MATTONE, R. Sisal fibre reinforced soil with cement or cactus pulp in bahareque technique. **Cement and Concrete Composites**, v. 27, n. 5, p. 611–616, 2005.

MOHANAN, C. **Diseases of Bamboos in Asia: An Illustrated Manual.** Peechi, Kerala, India: Kerala Forest Research Institute, 1997.

NBR, 15.575. **Guia para Arquitetos na aplicação da Norma de Desempenho ABNT NBR 15.575.** Cau. **Anais...ASBEA**, 2013Disponível em: <http://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2015/09/2_guia_normas_final.pdf>

NBR 5674, A.-A. B. D. N. T. **NBR 5674 - Manutenção de edificações: procedimento.** Nbr 5674:1999. **Anais...Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas**, 1999

NEC-SE-GUADUA. **Norma Ecuatoriana de la construcción - Estructuras de Guadúa**EcuadorMinisterio de Desarrollo Urbano y Vivienda, , 2016.

NSR-10. **Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente - NSR-10.** Estructuras de Madera y Estructuras de Guadua. **Anais...Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial**, 1997

OLIC, A. B.; LORENZETTI, E. R. **Tratamentos Preservativos em Bambu (Dendrocalamus giganteus) no Controle de Organismos Xilófagos.** [s.l: s.n.].

OLIVEIRA, L. F. A. DE. **Conhecendo Bambus e Suas Potencialidades Para Uso na Construção Civil.** [s.l.] UFMG, 2013.

PADOVAN, R. B. **O BAMBU NA ARQUITETURA : Design de Conexões Estruturais.** [s.l.] UNESP, 2010.

PONCE, D. A. L. **Características de Preservación por el Método de Inmersión del Tallo de Guadua angustifolia Kunth (bambú), proveniente del Distrito de La Florida, Cajamarca.** [s.l.] Universidad Nacional Agraria La Molina, 2010.

PRATES, M. E. B. **FOTODEGRADAÇÃO DO BAMBU (DENDROCALAMUS GIGANTEUS Munro) APÓS APLICAÇÃO DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA ARTIFICIAL.** [s.l.] Universidade de Brasília-UnB, 2013.

RITTER, M. A. **Timber Bridges: Design, Construction, Inspection, and maintenace.** Washington, DC United States: US Forest Service, 1990.

RITTER, M. A.; MORRELL, J. . **Timber Bridges: Design Inspection and Maintenance.** [s.l.] University Press of the Pacific, 1990.

ROHR, F. et al. **Utilização do bambu em estruturas de casas populares.** Eficiência Energética do Ambiente Construído. **Anais...Passo Fundo, RS: 4º Seminário Nacional de Construções Sustentáveis**, 2015

SANTOS, S. S. DOS. **Patologia das Construções.** v. 01, jul. 2014.

SATTAR, M. A. **Traditional Bamboo Housing in Asia: Present Status and Future Prospects.** In: **Bamboo, People and The Enviroment - Engineering and utilization.** New Delhi: Thomson Press Ltd., 1995. p. 1–13.

STANGERLIN, D. M. et al. **Durabilidade natural de painéis aglomerados confeccionados com Eucalyptus grandis e Bambusa vulgaris em ensaio de apodrecimento acelerado.** **Ciência Rural**, v. 41, n. 8, p. 1369–1374, 2011.

SUAREZ, D. L. J.; MANRIQUE, A. G. S. **Estudio de Uniones en Guadua Con Angulo de Inclinación Entre Elementos.** [s.l.] Universidad Nacional de Colombia, 2003.

SURJOKUSUMO, S.; NUGROHO, N. **A Study on Dendrocalamus asper as Concrete Reinforcement.** In: **BAMBOO, PEOPLE AND THE ENVIRONMENT - Engineering and utilization.** New Delhi: Thomson Press Ltd., 1995. p. 92–98.

TAGUCHI, MÁRIO KOJI. **Avaliação E Qualificação Das Patologias Das Alvenarias**. [s.l.] Universidade Federal do Paraná-UFPR, 2010.

TANAKA, M. et al. Bamboo as a building material in Japan: Transition and Contemporary Use. In: **Bamboo, People and The Environment**. 3. ed. New Delhi: Thomson Press Ltd., 1995. p. 14–19.

UCE; UMONS. **Conexiones: Estructuras en Concha - Bambú** Universidad Central del Ecuador y Université de Mons, , [s.d.].

VARMA, R. V; SAJEEV, T. V. Insect Pests of Bamboos in India. n. 1, p. 227–246, 2015.

VITÓRIO, J. A. P. Vistorias , Conservação e Gestão de Pontes e Viadutos de Concreto. **Anais do 48º Congresso Brasileiro do Concreto**, p. 1–16, 2006.

WANG, X.-Q.; REN, H.-Q. Surface deterioration of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) induced by exposure to artificial sunlight. **The Japan Wood Research Society**, p. 47–52, 2008.

WLORISCO; MARDJORNNO, F. Strength of Filled Bamboo Joint. In: **Bamboo, People and The Enviroment - Engineering and utilization**. New Delhi: Thomson Press Ltd., 1995. p. 113–120.

YUMING, Y. et al. Bamboo Diversity and Traditional Uses in Yunnan, China. **Mountain Research and Development**, v. 24, n. 2, p. 157–165, 2006.