PARÂMETROS PARA ESCOLHA DE ENSAIOS TRADICIONAIS E INOVADORES PARA INSPEÇÃO PRELIMINAR DE FACHADAS

R. RIOS
Engenheiro Civil
PPGFAU – UnB
Distrito Federal; Brasil
RAFAELB.RIOS@GMAIL.COM

V. ZANONI
Professora Doutora do PPGFAU - UnB
PPGFAU – UnB
Distrito Federal; Brasil
VANDAZANONI@UNB.BR

R. BLUMENSCHEIN
Professora Doutora do PPGFAU - UnB
PPGFAU – UnB
Distrito Federal; Brasil
RAQUELBLUM@TERRA.COM.BR

RESUMO

Os ensaios *in situ* são ferramentas úteis à inspeção predial, pois permitem uma maior precisão no diagnóstico de anomalias e na coleta de dados para a análise de desempenho. Para os sistemas de fachadas, devido à alta exposição aos agentes ambientais que interferem consideravelmente no desempenho e na durabilidade dos sistemas, a execução de inspeções regulares tem como objetivo garantir a manutenção adequada destes sistemas. Alguns fatores, como a dificuldade de acesso ou a relevância arquitetônica da edificação, podem demandar diferentes abordagens na escolha dos ensaios de inspeção, que são definidos conforme os objetivos da avaliação. Baseado nestes objetivos, são listados os diferentes ensaios que podem ser utilizados, porém esta escolha varia de acordo com sua adequação. Neste contexto, este artigo discute e propõe diretrizes para o processo de seleção dos ensaios de inspeção de fachadas, tradicionais e inovadores, na construção brasileira, com base em aspectos da sustentabilidade social e econômica, tais como: custos; necessidade de acesso; garantia da integridade material; dificuldade de execução; necessidade de estudos preliminares; tempo; tipologia e aplicabilidade de dados; privacidade dos usuários e segurança. Como resultado, são avaliados os critérios selecionados com base na aplicação e análise dos principais ensaios gerais, principalmente aqueles que possam influenciar a tomada de decisões nos procedimentos de inspeção predial preliminar.
Palavras-chaves: Fachadas. Inspeção Preliminar. Ensaios Gerais. Critérios de seleção. Tomada de Decisão.

ABSTRACT

In situ tests are useful tools for building inspections, since they allow more precise diagnosis for anomalies and provide accurate data for performance evaluation. For building facades, the environmental agents interfere considerably in the system performance and durability, which demands regular inspections to properly guarantee the system maintenance. Some factors such as the access difficulty or the architectural relevance demands different approaches for facades inspections. The inspection objective defines the inspection method. Based on this objective, there are a scope of tests that can be used, and the choice between then varies according to it adequacy. In this context, this article discuss and propose parameters in the decision-making process for the facade inspection techniques, evaluating traditional and innovative on-site general inspection surveys in the context of the Brazilian construction industry, based on decision-making criteria related to socioeconomic sustainability aspects, such as: cost; access need; guarantee of material integrity; test difficulty; preliminary studies need; time demand; data reliability and volume; user privacy and safety. As a result, this paper evaluates the purposed parameters based on the analysis of the main facades general inspection techniques, especially those parameters interfere in the building inspection survey's decision-making process.
Keywords: Facades. Preliminary Inspection. General Surveys. Selection Parameters. Decision-making.

1. INTRODUÇÃO

Um dos avanços na discussão sobre sustentabilidade e inovação, na cadeia produtiva da indústria da construção, é que esses conceitos deixam de estar restritos às fases de projeto, de construção e de demolição, e passam a estar presentes em toda a cadeia produtiva, em especial na fase de uso e operação. Do mesmo modo, os vetores de inovação deixam de ter abordagens simplesmente econômicas, aumento da produtividade e do lucro, e tornam-se ferramentas para promover a sustentabilidade; em conjunto com os fatores econômicos, são considerados os fatores sociais e ambientais (BLUMENSCHEIN, 2004; ALVES *et al*., 2012).

Com o intuito de garantir a durabilidade dos sistemas e, por sua vez, a sustentabilidade, a inspeção predial consiste na coleta e análise de dados para definição de diagnósticos, prognósticos e intervenções. Deste modo, diversos autores e normas abordam os procedimentos e ensaios como ferramentas para o prolongamento da vida útil dos sistemas construtivos (FLORES-COLEN, 2009; BAUER *et al*., 2016a; HOPPER *et al*., 2012; SILVESTRE; BRITO, 2008; ABNT, 2013a; 2013b, 1996; ZANONI *et al*., 2017).

Para a avaliação de desempenho e verificação do estado de conservação nos sistemas de fachadas, esses ensaios devem permitir uma coleta representativa da extensão das fachadas, de modo a permitir a análise do comportamento do sistema ou de suas propriedades. A partir disto, são propostos diagnósticos e intervenções para os sistemas (FLORES-COLEN *et al*., 2006; CÓIAS, 2009; MARQUES, 2015).

Atualmente, os frequentes avanços tecnológicos e o desenvolvimento de novos ensaios para a inspeção de fachadas resultam em uma diversidade de opções. Portanto, a partir da definição do objetivo da inspeção, deve ser feita a escolha do ensaio utilizado. Alguns autores propõem diretrizes para esta tomada de decisões, tais como: precisão, custo, segurança, grau de destruição e produtividade. Porém, a singularidade de cada inspeção e as mudanças sociais, como a preocupação com a segurança e privacidade, retomam a discussão dos critérios para a seleção dos ensaios (FLORES-COLEN *et al*., 2006; FLORES-COLEN, 2009; TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

Portanto, este trabalho tem como objetivo definir critérios de tomada de decisão relacionados à sustentabilidade socioeconômica, e avaliar ensaios tradicionais e inovadores de inspeção preliminar de fachadas, no contexto da indústria da construção brasileira, com base nas diretrizes propostas.

2. PARÂMETROS PARA ESCOLHA DE ENSAIOS DE INSPEÇÃO DE FACHADAS

O estudo de novos ensaios de inspeção e o desenvolvimento de novas tecnologias permitem diferentes tipos de registros e meios de acesso às fachadas. O avanço neste setor permite otimizar coleta de dados e, por conseguinte, a análise (CÓIAS, 2009).

A seleção dos ensaios está vinculada à avaliação de desempenho dos sistemas de fachadas. Deste modo, devem ser definidos os critérios de análise e quais ensaios são adequados para estas análises (FLORES-COLEN *et al*., 2006).

A partir disto, a tomada de decisões para escolha do ensaio pode se basear em diferentes fatores ou limitações. Para a classificação e escolha de ensaios alguns fatores são usuais, tais como: custo, garantia de integridade, necessidade de acesso do operador, segurança, tempo e precisão (FLORES-COLEN *et al*., 2006; DOMINGUES, 2016). Porém, as inovações trazem a necessidade de avaliar outros aspectos como a relevância dos estudos preliminares e a privacidade dos usuários. Portanto, os tópicos a seguir descrevem alguns fatores levados em consideração na escolha dos ensaios de inspeção.

2.1 Custo

O nível de adesão do mercado aos produtos ou serviços é vinculado aos custos e resultados entregues, portanto os custos são determinantes nas tomadas de decisão (BLUMENSCHEIN, 2004). No contexto dos

ensaios de inspeção de fachadas, há uma resistência ao investimento em ensaios mais precisos (FLORES-COLEN, 2009).

Estes custos podem ser definidos em custos de implantação e de operação. Os custos de implantação estão relacionados à compra de equipamentos, treinamento e gastos iniciais. Os custos de operação referem-se aos insumos para a execução do ensaio e o processamento dos seus dados.

A preocupação com a redução nos custos de ensaio leva ao extenso uso de métodos visuais de baixo custo de implementação. Porém, no desenvolvimento de novos ensaios de inspeção, além da busca por uma otimização na coleta e qualidade dos dados, vem se tornando recorrente a preocupação em relação aos custos (ROCA *et al*., 2013).

É importante ressaltar que os baixos investimentos em ensaios podem interferir em sua eficiência, de modo a comprometer a avaliação e os procedimentos de intervenção. Além disso, investimentos adequados na inspeção predial podem gerar retornos econômicos por meio de melhorias na manutenção, pois evita a ocorrência de manutenções corretivas de alto custo (CHRISTER, 1982; FLORES-COLEN *et al*., 2006; CÓIAS, 2009).

2.2 Necessidade de Acesso Físico

A geometria da edificação pode ser determinante no acesso às fachadas. Edifícios térreos ou de baixo porte usualmente possuem uma maior facilidade de acesso, enquanto edifícios altos dificultam esse acesso, e por sua vez, o uso de ensaios que necessitem de acesso físico do operador. A necessidade de andaimes, balancins ou o acesso por corda pode aumentar consideravelmente os custos de ensaio (CÓIAS, 2009).

A norma de inspeção predial do Instituto Brasileiro de Avaliação e Perícia na Engenharia - IBAPE (2012) não obriga que sejam feitos ensaios com acesso físico às fachadas, enquanto a norma americana, ASTM E2270 (ASTM, 2014a) recomenda que a inspeção de fachadas contemple tanto ensaios visuais como ensaios táteis.

Para o acesso físico, um dos principais meios é o acesso por corda, normatizado pela NBR 15.595 (ABNT, 2008). Outro método muito comum é o uso de andaimes que deve atender os requisitos descritos nas normas de segurança NR-18 e NR-35 (MTE, 2008; 2014).

Com o intuito de otimizar os procedimentos de inspeção, novos ensaios que não necessitem de acesso físico à fachada e que produzam dados relevantes são amplamente estudados. Porém, estes são normalmente acompanhados de aumento nos custos, necessidade de estudos preliminares e conhecimento técnico especifico (ROCA *et al*., 2013; BAUER *et al*., 2016a; 2016b; MELO JUNIOR, 2016).

2.3 Garantia de Integridade Material

A preocupação com a preservação do patrimônio, principalmente os históricos, motiva o desenvolvimento de métodos de inspeção não-destrutivos. Tais ensaios reduzem ou eliminam os danos ao patrimônio e, consequentemente, os custos relativos às intervenções causadas pelo ensaio. Para as edificações históricas, as intervenções destrutivas podem depreciar o valor histórico do bem, mesmo após restauradas (CÓIAS, 2009; PAOLETTI *et al*., 2013; BAUER *et al*., 2016b).

No cenário nacional, a Associação Brasileira de Ensaios Não-Destrutivos e Inspeção – ABENDI é um dos agentes de inovação, pois atua na qualificação de profissionais, normatização dos ensaios, além de fornecer material técnico (ABENDI, 2017). Muitas dessas técnicas ainda não têm a aplicação normatizada em âmbito nacional, deste modo é comum o uso de normas internacionais.

2.4 Manuseio do Equipamento e Pessoal Necessário

O manuseio do equipamento e a forma de execução dos ensaios podem interferir significativamente nos resultados, em alguns casos, pode-se comprometer as análises (FLORES-COLEN, 2009). Desta forma, a utilização de equipamentos de baixa complexidade de operação pode favorecer a seleção do método. Assim, o operador também é determinante na eficiência do ensaio, por isso devem ser feitos treinamentos para assegurar a capacidade técnica para execução e a segurança do operador e de terceiros (ABNT, 2007; ASTM, 2014b; 2014c).

Todavia, é comum limitações regionais em relação à equipamentos específicos ou pessoal capacitado (MELLO; AMORIM, 2009). Isto pode ser significativo à tomada de decisões, pois limita a seleção às técnicas tradicionais na região ou a utilização de ensaios que o inspetor não necessite de terceiros para sua realização.

2.5 Necessidade de Estudos Preliminares

Para ensaios detalhados é inevitável uma coleta de informações preliminares, pois estas determinam onde deve ser feio o ensaio e qual é o mais adequado (ASTM, 2014a). Porém, para determinados ensaios, como a termografia e os medidores de umidade, devem ser feitos estudos preliminares sobre o comportamento da edificação e como este comportamento pode influenciar a coleta e a análise (BAUER *et al.* 2016b).

A falta de estudos preliminares tem diferentes impactos dentre os ensaios de inspeção, em alguns casos pode reduzir a eficiência do método ou, até mesmo, comprometer a análise. Porém, em outros ensaios, um mínimo de informações coletadas durante o ensaio é suficiente para sua execução. Estes ensaios são normalmente aplicados às fases preliminares (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

2.6 Tempo Necessário

Comum à todas as etapas do ciclo de vida da edificação, a preocupação com o tempo está sempre presente na inspeção predial. Quando as condições da fachada trazem riscos iminentes ao usuário ou à propriedade, o prognóstico e a mitigação devem ser feitos de forma emergencial; isto obriga que a coleta de dados seja rápida e eficaz (ASTM, 2011).

Caso não haja esta limitação, uma coleta de dados mais extensa e que permita a análise de diferentes condições de exposição e uso pode ampliar a quantidade e a qualidade dos dados (ASTM, 2011; NERY, 2013).

Para o período necessário para a coleta, alguns fatores influenciam, tais como, o acesso às fachadas, o preparo dos equipamentos e o tempo para identificação das propriedades dos materiais. As inovações em relação à estes aspectos tendem a reduzir o tempo necessário para ensaio sem que haja perdas da qualidade da análise (CÓIAS, 2009; MELO JUNIOR, 2016).

2.7 Tipologia e Aplicabilidade dos Dados

Para que a inspeção predial seja eficaz, provendo diretrizes sólidas para a manutenção predial, a aplicabilidade dos dados coletados é essencial, pois estes dados fundamentam as tomadas de decisões (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

Os ensaios que apresentam uma maior gama de dados ou que permitam a inferência sobre o comportamento ou estado de conservação do objeto são bem vistos, especialmente em relação aos ensaios preliminares, pois resultam em uma caracterização mais ampla dos objetos de estudo (FLORES-COLEN, 2009).

A quantidade e a aplicabilidade dos dados normalmente têm relação com o tempo e a capacidade técnica do inspetor. Alguns ensaios têm sua análise restrita a apenas uma condição ou propriedade do sistema,

porém possuem uma alta confiabilidade. Enquanto que para outros ensaios, a confiabilidade varia de acordo com a experiência ou capacidade técnica do inspetor, pois a partir de dados específicos são feitas inferências sobre o comportamento do sistema e seu estado de conservação (CÓIAS, 2009).

2.8 Segurança

O inspetor deve garantir a segurança em relação à integridade física das pessoas e dos bens materiais. O primeiro procedimento a ser feito caso seja identificado risco de queda de elementos das fachadas é a mitigação, ou seja, uma solução temporária para reduzir tais riscos (CÓIAS, 2009; ASTM, 2011).

Dentro dos procedimentos de inspeção, algumas atividades podem trazer riscos aos operadores ou terceiros. Para reduzir isto, o treinamento dos inspetores para atuar em condições de risco é essencial, como por exemplo, o treinamento para trabalho em altura que deve seguir a NR-35 (MTE, 2014), assim como o treinamento especifico para o acesso por corda (ABNT, 2008).

Algumas técnicas de inspeção não demandam o acesso do operador à fachada. Porém, em alguns casos, o uso de equipamentos como veículos aéreos não tribulados - VANT podem trazer riscos ao operador e terceiros. Deste modo, alguns ensaios são especificamente regulamentados de acordo com as atividades executadas (ABNT, 2007; 2008; ANAC, 2017).

2.9 Privacidade

O Artigo 5º, inciso X da Constituição Brasileira de 1988 expressa que “são invioláveis a intimidade, a vida privada, a honra e a imagem das pessoas, assegurado o direito a indenização pelo dano material ou moral decorrente de sua violação” (BRASIL, 1988).

Com base nisto, a preocupação em relação à privacidade dos usuários deve ser respeitada, assim como as cláusulas contratuais que obriguem os procedimentos básicos preservarem a privacidade dos usuários, com a definição de horários específicos e previamente informados para a execução dos ensaios.

Em alguns casos são evitados o uso de andaimes ou outros equipamentos para a inspeção predial, até mesmo equipamentos fotográficos em certos períodos, pois podem gerar desconforto aos usuários. Deste modo, esta preocupação pode limitar o acesso à edificação e o uso de algumas técnicas.

3. DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DE ENSAIOS DE INSPEÇÃO PREDIAL DE FACHADAS

A preocupação em superar as limitações ou aumentar a produtividade promovem a inovação nos ensaios de inspeção, por meio de novas técnicas e equipamentos como a ultrassonografia, termografia e o uso de Veículos Aéreos Não-Tripulado – VANT. Entretanto, a resiliência dos ensaios tradicionais é perceptível, seja por questões culturais, ou até mesmo pela eficiência, pois atendem satisfatoriamente as demandas da inspeção predial (SILVESTRE; BRITO, 2008; CÓIAS, 2009).

Deste modo, no intuito de atender as expectativas da inspeção predial, engenheiros e arquitetos têm à disposição diversos ensaios, e sua escolha fica a critério do profissional.

Para permitir a comparação entre ensaios similares é preciso definir critérios, com faixas de classificação adequadas ao contexto de sua aplicação.

Visando contribuir com os processos de tomada de decisão, são propostos os seguintes critérios de avaliação: custo, necessidade de acesso físico, garantia de integridade material, tipologia e aplicabilidade dos resultados, manuseio e pessoal necessário, necessidade de estudos preliminares, tempo, segurança e privacidade dos usuários. E para cada critério foram definidas faixas de classificação ou forma de descrição.

3.1 Critérios Propostos

Para a avaliação de custos, foram categorizados: custos de implantação, os quais contemplam equipamentos, softwares e treinamento; custos de operação, onde estão inseridos insumos, mão-de-obra e encargos gerados para a execução do ensaio. Não foram considerados aqueles custos que são similares, qualquer que seja o tipo de ensaio, como deslocamento e hora técnica.

As faixas de classificação dos custos de implantação e operação foram definidas de acordo com o regulamento de honorários para avaliações, inspeções e perícias de engenharia (IBAPE/DF, 2016). Deste modo, foram utilizadas as seguintes faixas para a classificação de custos de implantação e operação:

- Mínimo: até R$499,99 (até 2 horas técnicas).
- Baixo: R$500,00 até R$1.999,99 (entre 2 e 6 horas técnicas).
- Médio: R$2.000,00 até R$4.999,99 (próximo ao valor mínimo de uma perícia).
- Alto: R$5.000,00 até R$20.000,00 (acima do valor mínimo de uma perícia).
- Altíssimo: acima de R$20.000,00 (mais de 55 horas técnicas).

Esses valores se aplicam somente aos edifícios com até 6 pavimentos, geometria regular, com área de fachada aproximada de 4.500 m², sem obstrução.

Para os demais critérios, a classificação foi feita da seguinte forma:

- Necessidade de Acesso Físico: avalia se há a necessidade e como deve ser feita.

- Garantia de Integridade Material: avalia se a técnica é não-destrutiva ou destrutiva, e qual a dimensão dos reparos necessários.

- Manuseio do Equipamento e Pessoal Necessário: avalia se há necessidade de treinamento ou a dificuldade de operação do equipamento; e a necessidade de operador especializado, mesmo que seja o inspetor.

- Necessidade de Estudos Preliminares: avalia se há necessidade de estudos prévios no procedimento de coleta de dados. Tais estudos não se limitam às verificações *in loco*, podem estar relacionados às simulações ou consulta às especificações das propriedades dos sistemas de fachadas. Sendo baixa - quando a falta de estudos preliminares não compromete a execução do ensaio, e fundamental - quando a falta de estudo preliminar pode comprometer sua execução.

- Tempo Necessário: é avaliado o tempo necessário de acordo com os procedimentos do método.

- Tipologia e Aplicabilidade dos Dados: a gama de dados que podem ser coletados, os fatores que influenciam a qualidade destes dados e as inferências que podem ser feitas a partir destes dados.

- Segurança: avalia se o ensaio traz algum risco ao operador ou terceiros, ou se há a necessidade de procedimentos de segurança.

- Privacidade: o grau de interferência à privacidade dos usuários, a partir da execução de procedimentos básicos, como o aviso prévio do ensaio e a identificação do inspetor.

- Inovação: apresenta a inovação proposta pelo ensaio, ou se é um ensaio tradicional.

4. APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS PROPOSTOS AOS ENSAIOS GERAIS PRELIMINARES

Como parte das inspeções preliminares, é comum o uso de ensaios gerais. Consistem em ensaios feitos à uma distância maior que 1,8m e permitem maior produtividade. Podem ser complementados por ensaios detalhados (ASTM, 2014a). O uso de técnicas de menor custo e sem necessidade de acesso físico é comum, pois além da redução dos custos, permitem uma maior abrangência e agilidade em sua execução (MARQUES, 2015).

Deste modo, foram selecionados 6 ensaios gerais, usualmente feitos em inspeções preliminares, para a avaliação dos critérios propostos e a apresentação de um quadro comparativo. Foram avaliados os seguintes ensaios:

- Ensaio Visual com Binóculos;
- Ensaio Visual com VANT;
- Termografia;
- Termografia com VANT;
- Fotogrametria;
- Fotogrametria com VANT.

Dentre os ensaios à distância, o ensaio visual com binóculos é um ensaio tradicional e amplamente utilizado na construção civil brasileira, pois possui baixo custo, é de fácil execução, é seguro e ágil, e não demanda mão-de-obra auxiliar, além de ser pouco invasivo à privacidade dos usuários.

A termografia é uma técnica amplamente validada para as inspeções de instalações elétricas, porém sua aplicação na avaliação de fachadas é recente, onde por meio das imagens térmicas podem ser verificadas as pontes térmicas, o acumulo de água e outras anomalias ocultas. Para identificação de anomalias em fachadas, algumas metodologias estão em fase de desenvolvimento, porém é comum a todos os métodos, a necessidade de estudos preliminares à execução do ensaio. Nestes estudos deve ser considerada a ação do clima sobre o comportamento térmico da fachada (HOLST, 2000; FOX *et al*., 2015; BAUER *et al*., 2016a).

A fotogrametria consiste em uma modelagem tridimensional a partir da captura de fotos por diferentes ângulos da fachada. Em campo, a fachada deve ser fotografada e seus elementos devem ser dimensionados; assim, a câmera deve possuir especificações adequadas para o mapeamento das anomalias visíveis e a medição dos elementos construtivos deve ser feita de forma adequada (CÓIAS, 2009).

A utilização de VANT para inspeção de fachadas vem crescendo, principalmente devido à dificuldade de acesso às fachadas. A utilização destes mecanismos reduz a necessidade de lentes especiais e, em alguns casos, deixam a coleta de dados mais precisa. Porém, os VANT requerem equipamentos específicos e, devido aos ruídos e à proximidade em relação aos ambientes privados, podem gerar desconfortos aos usuários durante a inspeção (MELO JUNIOR, 2016).

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A aplicação dos critérios propostos em ensaios gerais de inspeção preliminar de fachada *in loco* permite a caracterização e comparação dos ensaios selecionados, conforme síntese apresentada no Quadro 1. Deste modo, foi verificada a influência de um critério sobre outros e apresentadas as vantagens e limitações dos ensaios analisados.

A variação de custo entre os ensaios é evidente. A utilização de equipamentos como VANT, câmeras fotográficas e termográficas elevam consideravelmente os custos de implantação. Porém, após este custo inicial, os custos de operação tendem a ser baixos ou médios. Portanto, mesmo que seja feito um investimento inicial elevado em alguns ensaios, a reutilização do equipamento em outras inspeções permite que haja um retorno financeiro.

O aumento nos custos, através do uso de VANTS, câmeras fotográficas ou termográficas, trouxe benefícios à tipologia e aplicação dos dados e ao acesso às fachadas. Porém, caso não haja demanda por tais benefícios, a tendência é que se utilize ensaios de menor custo.

Quadro 1 – Critérios para seleção de Ensaios à distância para a Inspeção Preliminar de Fachadas *in loco*.

Critérios	Ensaio Visual com Binóculos	Ensaio Visual com VANT	Termografia	Termografia com VANT	Fotogrametria	Fotogrametria com VANT
Custo	- Implantação: Mínimo /Baixo; - Operação: Mínimo/Baixo;	- Implantação: Médio/Alto; - Operação: Mínimo/Baixo;	- Implantação: Alto/ Altíssimo; - Operação: Mínimo/Baixo;	- Implantação: Altíssimo; - Operação: Mínimo/Baixo;	- Implantação: Médio/Alto; - Operação: Médio;	- Implantação: Altíssimo; - Operação: Médio;
Necessidade de Acesso Físico	- Não necessita	- Feito pelo VANT	- Não necessita	- Feito pelo VANT	- Não necessita	- Feito pelo VANT
Garantia de Integridade Material	Não-destrutivo	Não-destrutivo	Não-destrutivo	Não-destrutivo	Não-destrutivo	Não-destrutivo
Manuseio do Equipamento e Pessoal Necessário	- Fácil Uso; - Deve ser feita pelo inspetor;	- Necessita treinamento; - Necessidade de operador específico;	- Necessita treinamento; - Necessidade de operador específico;	- Necessita treinamento; - Necessidade de operador específico;	- Necessita treinamento; - Necessidade de operador específico;	- Necessita treinamento; - Necessidade de operador específico;
Necessidade de Estudos Preliminares	Baixa	Baixa	Fundamental	Fundamental	Baixa	Baixa
Tempo Necessário	- Apenas operação	- Apenas operação	- Operação; - Calibração; - Análise dos Resultados	- Operação; - Calibração; - Análise dos Resultados	- Operação e trabalho em *software*	- Operação e trabalho em *software*
Tipologia e Aplicabilidade dos Dados	- Não gera registros fotográficos; - Identifica anomalias visíveis	- Gera registros fotográficos; - Identifica anomalias visíveis	- Gera registros termográficos; - Identifica pontes térmicas, anomalias visíveis e ocultas	- Gera registros termográficos; - Identifica pontes térmicas, anomalias visíveis e ocultas	- Gera registros fotográficos; - Permite a modelagem precisa do objeto; - Identifica anomalias visíveis	- Gera registros fotográficos; - Permite a modelagem precisa do objeto; - Identifica anomalias visíveis
Segurança	Não gera riscos ao operador ou terceiros	Necessita medidas de segurança para operação	Não gera riscos ao operador ou terceiros	Necessita medidas de segurança para operação	Não gera riscos ao operador ou terceiros	Necessita medidas de segurança para operação
Privacidade	Pouco invasivo	Muito invasivo	Pouco invasivo	Muito invasivo	Pouco invasivo	Muito invasivo
Inovação	Tradicional	Inovador: - Uso de VANT para acesso	Inovador: - Não-destrutivo; - Sem necessidade de acesso físico	Inovador: - Não-destrutivo; - Uso de VANT para acesso	Inovador: - Não-destrutivo; - Representação gráfica precisa do objeto de estudo	Inovador: - Não-destrutivo; - Representação gráfica precisa do objeto de estudo; - Uso de VANT para acesso

Apesar de não haver a necessidade de acesso físico para a realização de ensaios gerais, a utilização de VANT, devido à uma maior proximidade ao objeto de estudo, permite que a coleta seja mais precisa. Porém,

o uso destes equipamentos pode afetar a segurança e privacidade dos usuários, em alguns casos limitando seu uso.

Devido à característica visual e a não-necessidade de acesso físico, os ensaios gerais são ensaios não-destrutivos.

A utilização de equipamentos complexos, ou a necessidade de um pós-processamento, demandam que haja um treinamento prévio, seja de um técnico ou do próprio engenheiro. Para a inspeção visual por binóculos, apesar de possuir um equipamento de fácil uso, o ensaio deve ser realizado pelo próprio inspetor, pois o mesmo deve identificar as manifestações patológicas e quaisquer outras observações a serem feitas.

Apesar de a necessidade de estudos preliminares ser comum a qualquer ensaio de inspeção predial, para a aplicação de ensaios termográficos devem ser feitos estudos sobre as condições de exposição e o comportamento higrotérmico das fachadas, pois são fundamentais à realização dos ensaios e de sua análise.

O tempo necessário entre os ensaios varia de acordo com a tipologia e processamento dos dados. Ensaios visuais com o uso de binóculos ou VANT permitem uma rápida execução e interpretação dos ensaios. Já ensaios termográficos demandam uma calibração do equipamento e uma análise mais extensa, visto que esta análise deve ser capaz de diferenciar variações térmicas causadas por manifestações patológicas no sistema, além de variações causadas por outros agentes.

A tipologia e aplicabilidade de dados pode ser determinante na escolha entre os ensaios. Apesar do ensaio por binóculos não possuir capacidade de registro fotográfico, a identificação de anomalias visíveis já pode ser suficiente para que sejam definidos diagnósticos e intervenções. A geração de registros, sejam fotográficos ou termográficos, permitem a documentação visual das anomalias encontradas, de modo a facilitar o acompanhamento dos processos de degradação identificados.

Contata-se que a termografia permite que sejam identificadas não apenas anomalias visíveis, mas também anomalias ocultas, como descolamento de revestimentos e infiltrações, assim como a identificação de pontes térmicas ou falhas na vedação.

Para a fotogrametria, os dados coletados em campo devem ser inseridos em um programa computacional para a criação de um modelo tridimensional com medidas precisas da edificação. Nestes modelos podem ser identificadas e mapeadas as anomalias encontradas. Esta capacidade de registro é muito útil às edificações históricas, principalmente quando não há projetos ou registros prévios.

Usualmente, ensaios gerais geram poucos riscos à segurança e incômodos à privacidade dos usuários. Porém, para a utilização de VANT, além de adoção de procedimentos básicos, como avisos prévios à realização do ensaio e utilização de equipamentos de identificação e de segurança, deve ser feito isolamento de áreas de voo. E para preservação da privacidade dos usuários, todos ensaios que gerem registros visuais devem evitar ou modificar imagens que capturem terceiros.

6. CONCLUSÃO

Neste artigo foram estabelecidos critérios para a escolha de ensaios gerais preliminares de inspeção predial em fachadas. Ao estabelecer os critérios, foi possível concluir que os diversos ensaios apresentam variações significativas entre eles.

O Quadro 1, síntese dos critérios para avaliação dos ensaios, mostrou-se útil à tomada de decisões na fase preliminar, quando ocorre a escolha dos ensaios de inspeção de fachada, podendo antecipar as possibilidades e limitações.

A relevância dos critérios pode variar, ou seja, as limitações e benefícios de cada ensaio dependem das caraterísticas da fachada e do aporte disponível, além dos valores patrimoniais inerentes ao bem em análise.

7. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÂO CIVIL – ANAC. **RBAC-E nº 94- Requisitos Gerais para Aeronaves Não Tripuladas de Uso Civil**. Brasil, 2017.

ALVES, F.; BOMTEMPO, J.; COUTINHO, P.; MUNIER, F. **Innovation in a productive chain perspective: competences to innovate in Brazilian plastic packaging and petrochemical industries**. Revista de Economia Contemporânea, v. 16, n. 1, p. 27-42, 2012.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E2841**: Standard Guide for Conducting Inspections of Building Facades for Unsafe Conditions. Estados Unidos, 2011.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E2270:** Standard Practice for Periodic Inspection of Building Facades for Unsafe Conditions. Estados Unidos, 2014a.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E1862:** Standard Test Methods for Measuring and Compensating for Reflected Temperature Using Infrared Imaging Radiometers. Estados Unidos, 2014b.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E1933:** Standard Test Methods for Measuring and Compensating for Emissivity Using Infrared. Estados Unidos, 2014c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS E INSPEÇÃO – ABENDI. **Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção**. - **ABENDI**. Disponível em www.abendi.org.br. Acesso em: 30/06/2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13755**: Projeto e execução de revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante - Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15595:** Qualificação e certificação de pessoas. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15595:** Acesso por Corda – Procedimento para aplicação do método. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1:** Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4:** Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013b.

BAUER, E.; PAVÓN, E.; PEREIRA, C.H.F.; NASCIMENTO, M.L.M. **Criteria for Identification of Ceramic Detachments in Building Facades with Infrared Thermography.** In: Recent Developments in Building Diagnosis Techniques. Singapura, 2016a.

BAUER, E.; PAVÓN, E.; OLIVEIRA, E. **Inspeção Termográfica de Fachadas – Investigação da Influência da Fissuração**. In: Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções. Brasil, 2016b.

BLUMENSCHEIN, R. N. **A sustentabilidade na cadeia produtiva da indústria da construção**. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília. Brasília, 2004.

BRASIL. **Constituição**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

CHRISTER, A. H. **Modelling inspection policies for building maintenance**. Journal of the Operational Research Society, p. 723-732, 1982.

CÓIAS, V. **Inspecções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios**. Instituto Superior Técnico. Lisboa. Portugal, 2009.

DELGADO, J.; FREITAS, V.; COSTA, A. (Ed.). **Recent developments in building diagnosis techniques**. v. 5. Singapura: Springer, 2016.

FLORES-COLEN, I.; BRITO, J.; FREITAS, V. P. **Expedient in situ test techniques for predictive maintenance of rendered façades**. Journal of Building Appraisal, v. 2, n. 2, p. 142-156, 2006.

FLORES-COLEN, I. **Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva**. Tese (Doutorado). Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, Portugal, 2009.

FOX, M.; COLEY, D.; GOODHEW, S.; DE WILDE, P. **Time-lapse thermography for building defect detection**. Energy and Buildings, 92, 95-10, 2015.

HOPPER, J., LITTLEWOOD, J. R., TAYLOR, T., COUNSELL, J. A., THOMAS, A. M., KARANI, G., EVANS, N. I. **Assessing retrofitted external wall insulation using infrared thermography**. Structural Survey, 30(3), p. 245-266. 2012.

HOLST, G.C. **Common Sense Approach to Thermal Imaging**. Florida: JCD Publishing, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA – IBAPE. **Norma de Inspeção Predial Nacional**. São Paulo, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DO DISTRITO FEDERAL – IBAPE/DF. **Regulamento de Honorários para Avaliações, Inspeções e Perícias de Engenharia**. Disponível em http://www.ibapedf.org/registros. Brasília, 2016.

MARQUES, J. **Perícias em Edificações – Teoria e Prática**. LEUD. São Paulo. Brasil, 2015.

MELLO, L.; AMORIM, S. **O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos**. Production, v. 19, n. 2, p. 388-399. 2009.

MELO JÚNIOR, C. **Metodologia para geração de mapas de danos de fachadas a partir de fotografias obtidas por veículo aéreo não tripulado e processamento digital de imagens**. Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. 376 p., 2016.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE. **Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. NR-18** - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Brasil. 2009.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE. **Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. NR-35** – Trabalho em Altura. Brasil. 2014.

NERY, G. **Monitoração na Construção Civil**. Boletim Técnico ALCONPAT. USP. São Paulo. Brasil. 2013.
PAOLETTI, D.; AMBROSINI, D.; SFARRA, S.; BISEGNA, F. **Preventive thermographic diagnosis of historical buildings for consolidation**. Journal of Cultural Heritage, 14(2), p. 116-121, 2013.

ROCA, D.; LAGÜELA, S.; DÍAZ-VILARIÑO, L.; ARMESTO, J.; ARIAS, P. **Low-cost aerial unit for outdoor inspection of building façades**. Automation in Construction, v. 36, p. 128-135, 2013.

SILVESTRE, J.; BRITO, J. **Inspecção e diagnóstico de revestimentos cerâmicos aderentes**. Revista Engenharia Civil, Universidade do Minho, Portugal, 2008.

TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. **Inspeção, diagnóstico e prognóstico na construção civil**. Boletim Técnico ALCONPAT. UNISINOS. Brasil, 2013.

VIÉGAS, D. **Utilização de termografia infravermelha em fachadas para verificação de descolamento de revestimento**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2015.

ZANONI, V.; SÁNCHEZ, J.; BAUER, E.; AMORIM, C. **Matriz de análise do índice de chuva dirigida (ICD) para a cidade de Brasília-DF**. In: PARANOÁ (cadernos de arquitetura e urbanismo) - Conforto e Projeto: Cidades. n.11. p.67-76. Brasília, 2014.