

TECNOLOGIAS PARA LEVANTAMENTO E ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS: AÇÕES DE COOPERAÇÃO TÉCNICA E POLÍTICAS PÚBLICAS COMO PERSPECTIVAS PARA A PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO

SURVEY AND NON-DESTRUCTIVE TESTING TECHNOLOGIES: ACTIONS OF TECHNICAL COOPERATION AND PUBLIC POLICIES AS PROSPECTS FOR HERITAGE PROTECTION

Valter Luis Caldana Jr.¹, Mariana de Souza Rolim^{1,2}, Guilherme Antonio Michelin¹

RESUMO:

Atualmente, é grande o debate sobre a preservação do patrimônio, entre outras questões, considerando a necessidade de um novo olhar que possa incentivar o uso de diversos edifícios em áreas centrais que estão abandonados ou subutilizados. Nessa perspectiva, a relação entre preservação de patrimônio e o uso de novas tecnologias ganha mais destaque em um mundo globalizado. O presente artigo pretende apresentar ações realizadas em cooperação técnica envolvendo levantamento arquitetônico por escaneamento 3D e ensaios não destrutivos em patrimônio cultural. Dessa forma, o artigo apresenta o entendimento da documentação do patrimônio como base para sua preservação. Em seguida, apresenta algumas possibilidades de levantamentos e de ensaios não destrutivos, a partir de quatro experiências (Largo da Memória e Monumento à Independência, na cidade de São Paulo; Seminário Presbiteriano do Sul, em Campinas-SP e Fazenda Lageado, em Botucatu-SP). As experiências apresentadas foram realizadas em cooperação com instituições de pesquisa, e a partir delas se pretende relacionar as possibilidades como bases para a formulação de políticas públicas de preservação do patrimônio.

PALAVRAS-CHAVE: Patrimônio cultural; Preservação; Levantamento arquitetônico

ABSTRACT:

Currently, there is a great debate on heritage preservation, among other issues, regarding the urgency for a new gaze that can encourage the use of several buildings in central areas that are abandoned or underutilized. In this perspective, the relationship between heritage preservation and the use of new technologies is more prominent in a globalized world. This article intends to present actions carried out in technical cooperation involving architectural survey by 3D scanning and non-destructive tests on cultural heritage. Thus, the article presents the understanding of heritage documentation as a basis for its preservation. It presents some possibilities of surveys and non-destructive tests, based on four experiences (Largo da Memória and Monumento à Independência, in the city of São Paulo; Seminário Presbiteriano do Sul, in Campinas-SP and Fazenda Lageado, in Botucatu-SP). The experiences presented were carried out in cooperation with research institutions, and thus, it is intended to list the possibilities as bases for the formulation of public policies for the preservation of heritage.

KEYWORDS: Cultural heritage; Conservation; Architectural survey

¹ Universidade Presbiteriana Mackenzie. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Laboratório de Projetos e Políticas Públicas.

² Universidade Anhembi Morumbi. Curso de Arquitetura e Urbanismo.

Fonte de Financiamento: MackPesquisa.

Conflito de Interesse: Declaramos não haver.

Ética em Pesquisa: Declaramos não haver necessidade.

Submetido em: 27/09/2020

Aceito em: 03/04/2021

How to cite this article:

CALDANA JR, V. L.; ROLIM, M. S.; MICHELIN, G. Tecnologias para levantamento e ensaios não destrutivos: ações de cooperação técnica e políticas públicas como perspectivas para a preservação do patrimônio. *Gestão & Tecnologia de Projetos*. São Carlos, v16, n3, 2021. <https://doi.org/10.11606/gtp.v16i3.17163>



INTRODUÇÃO

Assim como as ideias por trás dos primeiros movimentos de identificação de monumentos históricos se alargaram até o conceito atual de patrimônio cultural, também as ações de preservação estão muito mais abrangentes. O cenário de um mundo globalizado, imerso em inovações, apresenta possibilidades de intercâmbios técnicos e uso de tecnologias que podem ser grandes aliadas da preservação do patrimônio.

Partindo dessa premissa, o presente artigo pretende apresentar ações envolvendo levantamento arquitetônico por escaneamento 3D e inspeções através de ensaios não destrutivos em patrimônio cultural, realizados nos últimos anos a partir de cooperação técnica.

Dessa forma, o texto foi estruturado em três partes. Na primeira, serão discutidas algumas questões referentes à preservação do patrimônio cultural, bem como ao entendimento da documentação do patrimônio como base para sua preservação. Na segunda, serão apresentadas possibilidades de captação de dados por levantamentos não destrutivos, a partir de quatro experiências desenvolvidas através de pesquisas básicas orientadas e pesquisas aplicadas em campo sobre o tema. Por fim, serão apresentados alguns pontos à guisa de conclusão sobre as experiências apresentadas, relacionando-as com as possibilidades de que tais metodologias e o uso deste instrumental seja útil na formulação de políticas públicas de preservação do patrimônio.

SOBRE DOCUMENTAÇÃO COMO PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO

Desde que a primeira noção de bens representativos de uma identidade nacional surgiu no século XIX, o entendimento sobre o que é patrimônio cultural vem se ampliando. Naquele momento inicial, eram considerados apenas construções isoladas, os monumentos históricos. Aos poucos, a noção foi se tornando um conceito e incorporando questões como a ambiência desses bens, para então abarcar áreas urbanas inteiras. Então, na década de 1960, chegou-se à ideia de patrimônio cultural utilizada hoje. Naquele momento, a criação de um Ministério da Cultura na França substituiu o termo ‘monumento histórico’ por ‘patrimônio cultural’, entendido como as manifestações de uma cultura coletiva e popular, que construiu as identidades nacionais (Cf. Kühn, 2008 e Rolim, 2017). Com tal ampliação, passou-se a incluir ações imateriais e aspectos socioculturais para além dos valores histórico, artístico e de antiguidade até então considerados na identificação de bens representativos.

Tal movimento foi acompanhado pelo alargamento das possibilidades de preservação do mesmo patrimônio, estabelecendo um cenário onde, cada vez mais, as questões do patrimônio são discutidas em uma escala para além dos gabinetes técnicos. Segundo Beatriz Kühn (2008, p. 59):

A palavra preservação no Brasil possui um sentido lato que abarca variados tipos de ações, tais como inventários, registros, providências legais para a tutela, educação patrimonial e políticas públicas. Abrange também as intervenções nos bens, para que sejam transmitidos da melhor forma possível ao futuro, que podem assumir a forma de manutenção, conservação, restauração.

Dentre as diversas possibilidades de preservação, destaca-se aqui a questão dos inventários e registros. Ou seja, da documentação do bem. Além da pesquisa sobre o bem ser, em si mesma,

uma ação de preservação, sua importância cresce quando se considera que a partir de tais dados é possível melhor direcionar ações de políticas públicas.

O bom conhecimento sobre o bem cultural também permite desenvolver ações de valorização ou de educação para o patrimônio. A realização de pesquisas sistemáticas e continuadas é importante em diferentes escalas e abrange vários atores envolvidos na preservação. Ao considerar pesquisas realizadas dentro de universidades, a perspectiva do longo prazo é mais frequente, de maneira a servir como base para ações práticas que podem se adequar a necessidades diversas. As possibilidades de uso do conhecimento gerado vão da formação dos futuros profissionais da área, à sua disseminação em ações de intercâmbio científico – através de congressos, por exemplo. Pode também servir como base para ações com a população local – reforçando a cidadania e o sentimento de pertencimento –, ou mesmo para a capacitação da mão de obra responsável por ações de manutenção periódica.

No entanto, existe o risco de tal conhecimento ficar restrito a uma determinada equipe ou a uma estante de biblioteca. Lembrando que os tempos atuais são de produção intensa de informações, outro risco é que o material não seja explorado em todo o seu potencial ou nem seja conhecido pelos responsáveis pela conservação daquele bem. Nesse cenário, a produção de conhecimento em si sobre o bem cultural poderia, então, se tornar uma ação de preservação muito frágil. A ampliação das ações de preservação torna necessária a integração de tais ações, para evitar que os riscos mencionados se instalem. Uma estratégia importante para o caso de produção de conhecimento como ato de preservação é o acesso ao material produzido, bem como sua organização. No caso da documentação arquivística, cartográfica ou bibliográfica, várias instituições no mundo buscam processos de digitalização e de inserção das informações em bancos de dados acessíveis de qualquer ponto do mundo.

No caso de um patrimônio construído, não apenas uma documentação que “fale” sobre o objeto é relevante para sua preservação. Aqui o objeto a ser preservado é, em si mesmo, fonte primária. A partir dele é possível desenvolver hipóteses quanto à sua cronologia construtiva, por exemplo, entre outras leituras que sua materialidade traz quando comparada com outras fontes de pesquisa. Sobre o assunto, Giovanni Carbonara afirmou que:

Levantar um monumento, de modo completo e científico, é como rastrear em um arquivo imaginário um documento importante e muitas vezes decisivo, que se refere especificamente à construção ou ao conjunto em estudo. Um levantamento científico, sob este ponto de vista específico, é, portanto, uma técnica sofisticada capaz de fazer aflorar, de um arranjo construtivo muitas vezes ilegível à primeira vista, uma série excepcional de documentos, todos de garantida autenticidade. (apud Casiello, 2011, p. 11, tradução do autor)

Isto posto, parte essencial de bancos de dados sobre patrimônio é a produção de levantamentos registrando o estado atual das construções. Nesse sentido, as novas tecnologias servem não somente à produção do banco de dados em si, mas também à aquisição dos dados, através de tecnologias de escaneamento a laser tridimensional, inspeções por equipamentos, implantação de sensores, entre outras.

A tecnologia de levantamento por varredura (o escaneamento 3D) começou a ser utilizada em processos de restauro de patrimônio, na década de 1990 na Itália (Cf. Balzani, 2011). Em meados da mesma década, a tecnologia começou a ser discutida também no Brasil (Cf. Cavalcanti, 2019). Naquele momento, a tecnologia era utilizada para o levantamento e diagnóstico, entre outras informações de base para a elaboração de um projeto de restauro. Hoje, porém, a mesma tecnologia é considerada também como documento, como registro da situação atual. Além disso, pode gerar produtos de controle e acompanhamento de seu estado

de conservação e outros para a valorização daquele patrimônio, em ações turísticas ou de educação patrimonial.

Um caminho possível e de grande interesse na evolução desta questão recai sobre o desenvolvimento de tecnologias e processos de utilização da Modelagem da Informação da Construção (BIM) para registro do patrimônio edificado, também conhecida como HBIM (*Heritage Building Information Modelling*). Não deve aqui ser confundida com o uso de softwares e ferramentas BIM, que são apenas parte do processo, mas sim entendida como uma metodologia de gerenciamento de processos e de dados essenciais do projeto, em formato digital (Cf. Cuperschmid, Fabricio e Franco, 2019).

Assim, a documentação do patrimônio através de bancos de dados 3D ganha outra dimensão. No longo prazo, a recuperação de uma situação em um determinado momento histórico pode agir como um marcador, capaz de definir um quadro a respeito, com uma rede de dados com elementos de morfologia, materiais, cor, tipo, estrutura, etc., que podem ser adquiridos como vínculos para definir um percurso reverso de deterioração ou alteração da construção. Vale observar que não se tem, no entanto, bibliografia mais extensa sobre incorporação de uso de dados advindos de inspeções não destrutivas (com exceção de escaneamento 3D e levantamentos geométricos) e tecnologia de monitoramento de saúde estrutural dos bens neste processo.

A falta de sistematização das informações e dados sobre o estado atual desse patrimônio impacta não apenas sua preservação e conservação física, mas traz dificuldades na apropriação e uso contemporâneos destes bens, nas mais diversas esferas, da pública, em virtude da dificuldade de definição de políticas públicas efetivas, à privada, explícitas na relutância de proprietários e investidores privados em intervir em imóveis antigos, dificultando a valorização e preservação desse patrimônio construído.

Ao buscarmos a construção de bancos de dados, é necessário considerar o risco da captação de uma infinidade de dados, transformando-o em um processo ineficiente, ou da criação de interfaces agradáveis, com telas bonitas, coloridas e cheias de números, mas incapazes de apresentar um conjunto de informações adequadas ou relevantes. O que se defende aqui é a necessidade de organização e desenvolvimento de métodos, procedimentos e conjuntos de relações integradas para captação, análise e gestão de dados com o mínimo de interferência física na preexistência, fator que se torna ainda mais premente quando o objeto se tratar de patrimônio cultural. Mais do que isso, de uma gestão integrada dos dados, em bases que possam absorver elementos captados a partir de diferentes tecnologias, ou mesmo, em épocas diversas.

Isto expõe, então, a necessidade de qualificação de pessoas capazes de agir e pensar de forma integrada, transdisciplinar, em todas as etapas deste processo, das tecnologias aplicadas à preservação do patrimônio construído. Tal combinação de alta tecnologia e profissionais capacitados é um ferramental de grande relevância para garantir a correta aquisição de dados e consequente uso coerente destas informações, de diagnósticos assertivos a projetos mais adequados, ou mesmo detecção de eventuais falhas ou prevenção de acidentes, por exemplo. O potencial de impacto é alto tanto nas esferas produtivas e privadas, atuando no aprimoramento da qualidade dos produtos, melhoria na produtividade, segurança de pessoas e meio ambiente, competitividade das empresas; quanto na esfera pública, onde os dados podem ser usados para criação de políticas públicas efetivas e eficientes, em planos de manutenção ou na definição de prioridades de intervenção, por exemplo.

Quando se considera esse banco de dados como uma ferramenta constantemente atualizável, ela se torna também um instrumento que possibilita a reversibilidade, visto que é possível registrar as intervenções realizadas – e futuras. Na verdade, é um princípio de planejamento

progressivo, que não se limita no tempo em um modelo pré-determinado, mas que cria bases para uma consciência que atua gradualmente, através de experimentações verificadas através do tempo, que verifica a si mesmo e se auto corrige. Enfim, buscam uma melhoria progressiva.

Como exemplos de boas práticas, é possível mencionar o “Sistema de Informação para o Patrimônio Arquitectónico”, elaborado e mantido pela Direção-Geral do Patrimônio Cultural de Portugal (ver monumentos.pt). Ainda que a base não apresente hoje dados de escaneamentos 3D, o sistema funciona também como referência para outras bases de dados, permitindo o conhecimento amplo sobre os bens preservados no país. Outro exemplo é o projeto europeu “Inception”, que envolve universidades europeias e empresas de tecnologia. Ainda em desenvolvimento, o projeto pretende construir uma base com modelos 3D de diversos patrimônios, permitindo análises comparativas ao longo do tempo, bem como uso aberto tanto a técnicos quanto a estudantes (ver <https://www.inception-project.eu/en>). No Brasil também existem projetos que entendem o escaneamento 3D como documentação – e preservação – do patrimônio. Podemos mencionar as pesquisas desenvolvidas na Universidade Federal da Bahia (uma das pioneiras na pesquisa com escaneamento 3D no Brasil), Unicamp (vinculado também a HBIM) e nas universidades federais do RS, PR, RJ e PA, entre outras iniciativas.

LEVANTAMENTOS E ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS

O uso de metodologias para levantamento e aquisição de dados de forma não destrutiva vem se tornando um caminho de grande importância quando pensamos em intervenções sobre uma preexistência construída. Isto, pois ainda é comum na construção civil que a busca por informações relevantes sobre a estrutura e materiais que compõe a construção preexistente, quando queremos efetuar uma intervenção, sejam buscadas através de prospecções arquitetônicas e estruturais, em ações que envolvem quebras, sujeira, incômodo aos usuários, danos diversos e, em muitos casos, uma falta de objetividade que traz morosidade ao processo, sendo inclusive capaz de dificultar o entendimento do próprio objeto estudado. Quando isso acontece com o patrimônio cultural, há também o risco real de perda de detalhes e ornamentos originais, causando danos irreversíveis.

Neste sentido, as intervenções no patrimônio cultural construído devem ser embasadas em evidências científicas, pois é justamente neste cenário, de objetos culturais reconhecidos, que o conhecimento do objeto antes de se tomar qualquer decisão é uma das maiores responsabilidades dos profissionais e agentes envolvidos. Por ser motivo de grande preocupação, as ações de prospecção arquitetônica para reconhecimento e levantamento de dados devem ter um controle muito especial, para se evitar a perda de valor decorrente de intervenções inadequadas, visto terem um caráter destrutivo, ainda que executado de forma controlada.

É justamente sobre essa teia de complexidades que o uso da tecnologia pode ser um grande aliado, em especial ao avançarmos no assunto das inspeções através de métodos não destrutivos para ensaio e inspeção.

Os ensaios não destrutivos - END (ou NDT), são ensaios utilizados em inspeções de peças, máquinas, equipamentos, ou mesmo pessoas, e envolvem métodos para medir e detectar propriedades, capacidade de desempenho de partes e peças de equipamentos e estruturas, realizados sem prejudicar ou interferir de forma significativa nos objetos, seja em sua funcionalidade ou mudança de características físico-químicas, por exemplo.

Vale observar que, por sua natureza multidisciplinar de trabalho e atuação, grande parte dos métodos e equipamentos capazes de coletar os dados buscados na área de patrimônio cultural construído já são de conhecimento e aplicação nos mais diversos setores da economia, como o

petrolífero (óleo e gás), nuclear, químico, naval, saúde, alimentício, siderúrgico, mineração, automotivo, metroferroviário, rodoviário, energético, sucroalcooleiro, incluindo-se também a construção civil.

A inspeção utilizando ensaios não destrutivos é bem ampla, e pode ser executada para se obter dados e buscar respostas nas mais variadas etapas de trabalho, do diagnóstico ao acompanhamento da integridade estrutural dos objetos, e também nas diversas etapas de sua vida útil, do material utilizado como matéria prima ao uso do objeto pronto, passando pelas etapas de fabricação, construção, montagem, operação e manutenção.

Vale ressaltar, no entanto, que o uso destes métodos e tecnologias não vem para minimizar a importância ou eliminar a necessidade de ações de pesquisa sobre os dados tradicionais, que continua sendo etapa mandatória no processo, tais como fontes primárias de pesquisa no campo de dados físicos como plantas, projetos, cartas, mapas, iconografia, cartografia, textos, etc., ou virtuais, como bancos de dados de qualidade reconhecida em cadastros públicos, órgãos técnicos, pesquisas acadêmicas, acervos pessoais, entre outras fontes.

Essa nova camada de pesquisa deve ser responsável, então, para trazer novas possibilidades para visualização da situação atual e momentânea do bem, um retrato instantâneo, sendo forma de auxílio relevante nas etapas de levantamento de dados, capaz de melhorar de forma significativa a possibilidade de execução de diagnósticos muito mais efetivos e assertivos, minimizando riscos à preexistência, também possibilitando desenvolvimento de projetos melhores com consequente diminuição ou maior controle de custos de intervenção.

Importante lembrar que na revisão da literatura referente a ações de levantamentos, métodos e equipamentos para ensaios e inspeções não destrutivas, encontra-se material vasto e relevante, relacionados à preexistência construída (sob as óticas da construção civil, engenharias, arquitetura e patrimônio cultural). No entanto, tal literatura aborda constantemente o uso de equipamentos e testes específicos, buscando dados com ênfase na caracterização de materiais e patologias. Dessa forma, a aplicação de ENDs se torna pontual e dispersa, normalmente aplicada a casos isolados, sem uma visão integrada e integradora das possibilidades dos dados coletados.

A busca por métodos capazes de realizar a integração dos tipos de dados aqui buscados, passa então pelo desenvolvimento de pesquisas básicas orientadas e pesquisas aplicadas sobre o tema, conforme definições da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OECD (2015). Serão apresentadas aqui resultados de quatro experiências, a saber: Levantamento do Largo da Memória e escaneamento 3D do Monumento à Independência, ambos na cidade de São Paulo; Seminário Presbiteriano do Sul, na cidade de Campinas-SP; e as provas de conceito de equipamentos para END, realizadas na Fazenda Lageado, na cidade de Botucatu-SP, ainda em andamento. As três primeiras realizadas dentro do convênio técnico firmado entre o Laboratório de Projetos e Políticas Públicas, da Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil (LPP-Mackenzie) e o Laboratório DIAPReM, da Universidade de Ferrara, Itália (UniFe), cuja parceria tem, entre seus objetivos, a transferência de tecnologia voltada à construção de banco de dados integrados e capacitação para uso do método de escaneamento 3D (scanner e software). Já a experiência realizada na Fazenda Lageado acaba tendo escopo mais amplo, incorporando provas de conceito de equipamentos para análise de resultados e eventual adequação ou desenvolvimento de métodos ou novas práticas de uso.

LARGO DA MEMÓRIA

A primeira experiência a ser apresentada aqui é o Levantamento do Largo da Memória, na região central da cidade de São Paulo, cujo foco foi o uso da tecnologia de varredura laser, também conhecido por escaneamento 3D.

Comparado com o levantamento de dados tradicional, o levantamento por varredura laser traz vantagens como rapidez, precisão, segurança (cobre um raio de abrangência de até 300 metros) e possibilidade de navegação virtual. Outra vantagem é que se trata de um procedimento não destrutivo. O processo, no entanto, é bastante complexo e o sucesso do resultado depende de um planejamento prévio do levantamento realizado com precisão e cuidado (Cf. Balzani, 2011, Aleksis et al, 2015 e Dezen-Kempton et al, 2015).

No Brasil, a tecnologia já é utilizada em áreas de engenharia. No entanto, na área de patrimônio cultural o escaneamento 3D, ainda que presente em pesquisas no meio acadêmico, não é amplamente acessível, seja por questões de custo de equipamentos (tanto de levantamento, quanto do hardware necessário para manipulação dos dados), seja por falta de capacitação técnica para o trabalho com tal tecnologia. Nesse sentido, a estruturação de parcerias entre instituições universitárias brasileiras e italianas vêm contribuindo de forma significativa no aspecto da capacitação técnica.

Com essa perspectiva, em 2014 foi realizado o levantamento do Largo da Memória, na região central da cidade de São Paulo. A ação foi a primeira realizada dentro do convênio técnico firmado entre o LPP-Mackenzie e o DIAPReM-UniFe¹. No caso do Largo da Memória, simultaneamente ao levantamento geométrico-morfológico – realizado com escaneamento laser –, foi feito um levantamento fotográfico do espaço urbano como um todo, dos elementos de mobiliário urbano e das peças decorativas que caracterizam o Largo. Também foi feito o levantamento das principais morfologias de degradação, a fim de documentar o estado de conservação geral, incluindo documentação fotográfica de alterações significativas.

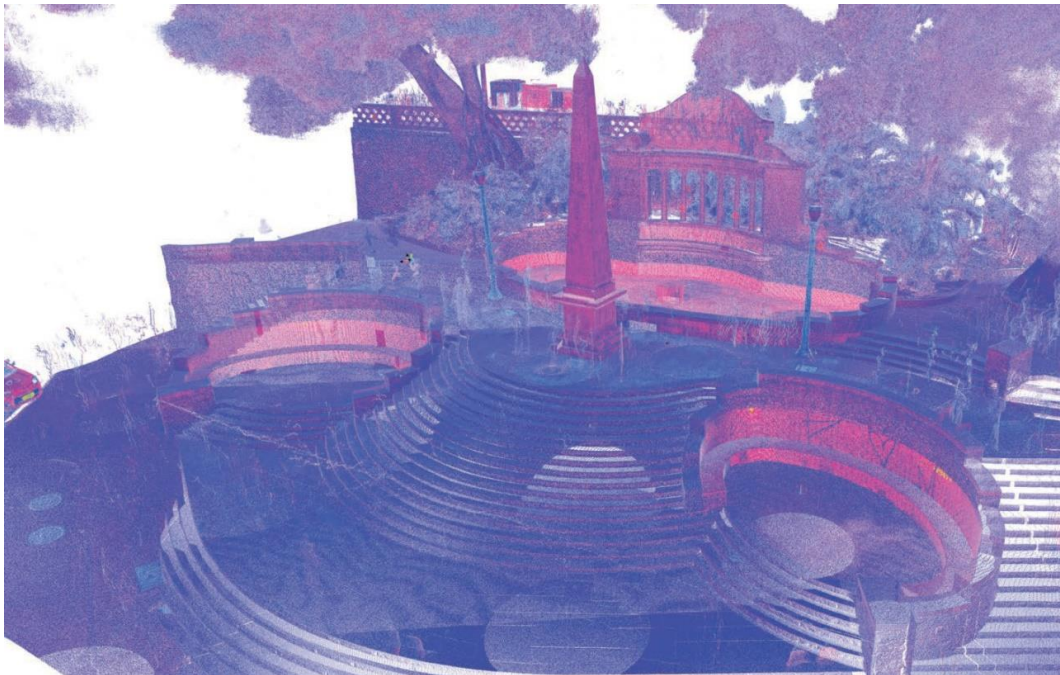


Figura 1.
São Paulo, Largo da Memória.
Imagem do modelo da nuvem
de pontos

Fonte: DIAPReM

O planejamento para o levantamento foi realizado pela equipe italiana à distância, baseados em plantas e fotografias encaminhadas previamente. A partir desses dados, foi elaborado o projeto para o escaneamento, realizado ao longo de uma semana (em novembro de 2014), com

um total de 36 estações de escaneamento. O círculo com a “sombra” das estações pode ser observado na figura 1. O equipamento utilizado foi o Laser Scanner Leica C10 (tecnologia lidar), com resolução média de 1 cm e alvos refletivos para o registro do escaneamento e posterior estruturação do banco de dados. Apesar de não se tratar de uma área muito grande (aproximadamente 1.500 m²), a existência de árvores de grande porte com copa fechada e o desnível de cerca de oito metros na área exigiram um grande número de estações de escaneamento.

O levantamento realizado permite analisar a relação planimétrica da área: o espaço em questão não é importante apenas pelo obelisco presente ali, mas principalmente pela memória morfológica urbana que apresenta. Ao registrar determinado estado do bem em questão, o banco de dados gerado pode ser utilizado como ferramenta de gestão de tal patrimônio, visto que permite comparações entre projetos antigos e futuros com alta precisão. Dessa forma, poderia ser utilizado também como subsídio para tomadas de decisões e, conseqüentemente, formulação de políticas públicas de preservação deste patrimônio.

MONUMENTO À INDEPENDÊNCIA

No escopo do mesmo convênio técnicoⁱⁱ, foi realizado o projeto de escaneamento 3D do Monumento à Independência. Nesse caso, a parceria foi ampliada e incluiu capacitação técnica. Dessa forma, a ação foi considerada como uma pesquisa aplicadaⁱⁱⁱ, por tratar de resposta a demanda da sociedade, já que a Prefeitura Municipal de São Paulo precisava de dados para desenvolvimento do projeto de conservação e restauro deste monumento.

A análise do trabalho realizado pode ser dividida em duas linhas, a primeira sobre o treinamento para uso do equipamento de escaneamento 3D e posterior tratamento de dados, a partir de ações de treinamento e transferência de tecnologia junto à equipe do DIAPReM-UniFe. A segunda, relativa à experiência de treinamento de mão de obra qualificada, ou seja, uma análise sobre o desenvolvimento do trabalho coletivo realizado diretamente em campo, com foco no uso de um ambiente real de trabalho, incluindo-se interações de equipes das três instituições, além dos profissionais que trabalhavam no local, transeuntes e turistas, transformando o objeto de pesquisa em ambiente de ensino, pesquisa e extensão.

Figura 2. Escaneamento do Monumento à Independência e treinamento/capacitação de equipe Mackenzie e DPH.

Fonte:
LPP-FAUMackenzie



A experiência mostrou-se como um ambiente de aprendizado excepcional, onde a equipe brasileira pode discutir mais a fundo sobre as características físicas do equipamento, suas possibilidades e limitações e a oportunidade de operar o aparelho em uma situação real, junto aos professores da Universidade de Ferrara, além do treinamento para trabalhabilidade e tratamento dos dados coletados em campo^{iv} (ver figura 2).

SEMINÁRIO PRESBITERIANO DO SUL

O projeto de pesquisa “Seminário Presbiteriano do Sul: o canteiro de obras como ambiente de ensino”, foi desenvolvido no âmbito do LPP e do Canteiro Experimental (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie), entre os anos de 2016 e 2019. A cooperação técnica com o Laboratório DIAPReM-UniFe aconteceu no momento inicial de elaboração do projeto, quando foi considerada a possibilidade de realização de escaneamento 3D do edifício. Ao contrário do Largo da Memória, aqui foi possível realizar vistoria no local com as equipes de ambos os laboratórios. No entanto, avaliou-se que o escaneamento não seria viável nesse caso, por conta dos custos de deslocamento de uma equipe da Itália e de locação do scanner. Para tal avaliação, foi crucial ter em mente qual era o objetivo do projeto. Nesse caso, não havia a perspectiva de criação de um banco de dados. Dessa forma, o projeto foi centrado na incorporação de práticas de investigação no acompanhamento de obras a partir do uso de equipamentos de ENDS, aliado a estratégias e ações pedagógicas inovadoras, diferentes daquelas aplicadas na sala de aula tradicional, com o intuito de atrair os alunos a novos questionamentos, capazes de mudar sua forma de observação sobre a preexistência edificada (Cf. Sobral, Michelin e Caldana, 2018).

Para isto, o ferramental a ser utilizado tinha como premissa o uso de meios capazes de produzir ações menos invasivas do que as convencionalmente utilizadas na etapa de levantamento e diagnóstico em obras de conservação e restauro. Tradicionalmente, seriam feitas janelas de prospecção arquitetônica ou estrutural, com perda de material original. Ao propor ensaios não destrutivos, foi possível incorporar estudos de metodologias de registro da preexistência edificada e da discussão sobre análise e interpretação dos dados para a leitura de danos e patologias, posteriormente.

Apesar do objetivo final da pesquisa tratar do uso de equipamentos de ENDS no processo, foi realizada também a etapa tradicional de levantamento de dados e informações, como pesquisas em fontes primárias, levantamento de dados históricos, bibliográficos e iconográficos, levantamentos cadastrais, e desenvolvimento de prototipagens e modelos físicos para estudo e registro, a partir de visitas que documentaram a evolução da obra.

A escolha dos equipamentos se deu a partir daqueles aparelhos com uso já consolidado na construção civil e em ações de conservação e restauro, e pelas restrições orçamentárias da pesquisa, direcionando o foco no entendimento do conceito de uso, e não necessariamente no produto final produzido pelos aparelhos. Assim sendo, foram privilegiados os que possuísem características como: baixo custo, portabilidade, facilidade de operação em campo, facilidade de leitura e importação de dados, e principalmente a possibilidade de upgrade do equipamento, usando o mesmo método. Dessa forma, foram utilizados: câmera termográfica, nível laser, termo-higrômetro digital, detector de materiais, boroscópio, câmera digital e scanner de mão. Para contraponto, utilizou-se equipamentos analógicos, simples, mas de uso consolidado e reconhecidamente efetivos nas ações de levantamento métrico tradicional, como lupas de bolso com ampliação de 10x e 20x, trenas manuais diversas e nível de bolha.

Um dos resultados de maior interesse neste trabalho, deu-se sobre um exercício de levantamento e representação de um único elemento construído do edifício: a base de uma das quatro colunas da fachada principal. Os alunos foram divididos em três grupos, cada um

efetuando o exercício com um método específico: desenho a partir de observação, sem uso de equipamentos de medição e com distância controlada de no máximo dois metros do objeto; desenho a partir de métodos de levantamento tradicional manuais, como trena e nível analógicos; e, por fim, desenho a partir de tecnologia e equipamentos mais precisos, como scanner de mão, nível e trena laser, paquímetros. Seguiu-se a etapa de modelagem virtual do material levantado pelos três grupos, e prototipagem por impressão 3D, o que acabou por evidenciar de forma explícita e visual a diferença de precisão dos resultados obtidos em cada um dos métodos, ressaltando as consequências possíveis da tomada de decisão do profissional pelo método a ser utilizado na etapa de levantamento, conforme figura 3, onde o item 1 representa levantamento por observação; o item 2 levantamento com equipamentos manuais simples; e o item 3, levantamento por equipamentos de maior precisão. Pode-se notar também, na figura 3, que o levantamento por desenho de observação, que é muito comum em situações de dificuldade de acesso ao objeto, apresentou grande diferença dimensional quando confrontada ente as outras duas técnicas.

Figura 3. Mockup dos resultados dos levantamentos de campo nas três técnicas, com destaque das diferenças dimensionárias.

Fonte:
LPP-FAUMackenzie



FAZENDA LAGEADO

Entendendo-se as relações entre benefícios e desvantagens dos diversos métodos e equipamentos não destrutivos testados, de captação de dados pontuais realizada no seminário ao levantamento e documentação morfológica avançada nos monumentos, teve início a quarta experiência, que trata das provas de conceito de equipamentos para inspeção através de ensaios não destrutivos.

A partir do conhecimento acumulado na transferência tecnológica realizada nos três projetos anteriores, esta pesquisa vem sendo desenvolvida pela FAU-Mackenzie com novas parcerias, incluindo a Associação Brasileira de Ensaio não Destrutivos e Inspeção (ABENDI), a Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus Botucatu, do Laboratório de Métodos Não Destrutivos Aplicados a Materiais, Estruturas e Árvores (LABEND - FEAGRI/UNICAMP), empresas fabricantes de equipamentos para ENDs, como FARO e PROCEQ, e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), parceiros envolvidos em diferentes escalas e linhas de atuação.

A pesquisa está sendo direcionada em duas linhas complementares: uma, sobre as possibilidades para aquisição de dados e informações sobre a materialidade do patrimônio cultural construído através de métodos não destrutivos. A outra considera as possibilidades de adequação e adaptação de métodos e equipamentos já consolidados na indústria de inspeção e ensaios em outros setores da economia.

A grande questão, neste caso, trata da busca por métodos e padrões para captação de dados e informações de construções preexistentes, que sejam de fato relevantes e capazes de subsidiar o entendimento e correto diagnóstico da situação atual destes bens, fator fundamental para execução de projetos mais assertivos, com custo de intervenção mais adequados. Em especial, buscando possibilidades de se evitar, ou ao menos minimizar, ações de prospecção convencionais e destrutivas, conforme figura 4.



Figura 4. Prospecções arquitetônicas convencionais na Fazenda Lageado, Botucatu/SP, propriedade da UNESP.

Fonte:
Guilherme Michelin, 2020.

Para se alcançar estes objetivos, buscamos efetuar testes em local com a maior restrição possível (bens tombados), de forma a estabelecer conexões e processos que possam ser replicados em ambientes menos restritos, mas não menos importantes, como edifícios subutilizados ou abandonados do centro de São Paulo, por exemplo.

Diversas ações vêm sendo realizadas neste sentido, como a criação da Comissão Técnica de Patrimônio Cultural (CTPC-ABENDI) dentro da ABENDI^v, e desenvolvimento de parcerias com instituições de pesquisa nacionais a empresas fabricantes de equipamentos para inspeção por ENDs, que têm cedido o uso de equipamentos e horas técnicas de profissionais de grande capacitação técnico-científica para auxílio no processo. Diversos equipamentos já foram testados, tais como esclerômetros GP8000, PD8000 e Original Schmidt Live, Pundit PL200, Georadar GP8000 da marca PROCEQ, Georadar LEICA Modelo ds2000, scanners a laser modelo Focus S da FARO, câmera termográfica FLUKE, Equipamento de ultrassom USLab marca Agricef, alguns deles expostos na figura 5.

Os primeiros resultados têm sido promissores, sendo possível verificar o potencial de uso do ultrassom e de diferentes transdutores na visualização da diferença de materiais e como eles agem em conjunto, apresentando velocidades distintas de captação para os tijolos cerâmicos, argamassas de assentamento e argamassa de revestimento. Verificou-se também diferenças de velocidade aferidas para espessuras distintas da argamassa de revestimento, neste caso, a base de cal.

Figura 5. Inspeções por equipamentos não destrutivos na Fazenda Lageado, Botucatu/SP, com apoio das equipes da FARO, PROCEQ e LABEND UNICAMP.

Fonte:
Guilherme Michelin, 2020.



Paralelamente, foram utilizados os esclerômetros para testar a resistência destas argamassas de espessuras diferentes, bem como verificar os tipos de marcas atribuídas a elas pelos equipamentos com diferentes energias de impacto. A análise termográfica expôs alguns pontos de descolamento da argamassa de revestimento, e que foram confirmados através de método de percussão e, posteriormente, por prospecção arquitetônica.

À GUIA DE CONCLUSÃO

Apresentamos anteriormente a dificuldade de inserção de novas tecnologias em projetos fora do âmbito da pesquisa científica. Entendemos que através do estabelecimento de políticas públicas e de ações de cooperação técnica é possível criar condições para uma inclusão perene de tais ações na prática cotidiana da preservação do patrimônio pela sociedade, em ações públicas coletivas ou privadas e individuais. Concluindo este ensaio que, como se disse, tem entre seus objetivos registrar experimentos e suas metodologias e verificar a possibilidade de sua utilização, inclusive, na formulação destas políticas públicas apontadas como necessárias na área de preservação, cumpre destacar algumas premissas.

A primeira delas é a de que se considera, aqui, que no Brasil as políticas oficiais de preservação têm seu início efetivo com a criação do atual Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan), em 1937, ainda que tenham existido iniciativas isoladas anteriores (Cf. Rolim, 2017). Assim, cabe lembrar que nesse primeiro momento as ações foram concentradas na identificação do patrimônio nacional, em obras de restauro e na produção, sistematização e divulgação de conhecimento. Neste sentido, desempenhou papel importante a Revista do Patrimônio, editada até hoje.

Para a compreensão deste período, que se pode chamar de fase heroica, se faz necessário contextualizá-lo histórica e conjuntamente. Governo Vargas, efervescência política, Estado Novo, consolidação de São Paulo como um dos polos protagonistas no cenário econômico, político, social e cultural brasileiro. O desenvolvimento urbano começava a se acelerar e as políticas de desenvolvimento industrial produziam seus primeiros efeitos.

Neste contexto, é inegável a presença de alguns fatores, complementares entre si, que compõem o pano de fundo do surgimento das primeiras abordagens sistemáticas da questão do patrimônio no Brasil. No Rio de Janeiro, a guinada na Escola Nacional de Belas Artes promovida

por Lúcio Costa e seu grupo. Em São Paulo, os ecos da Semana de 22, com a forte presença da geração modernista de um lado, e a consolidação da participação de profissionais imigrantes europeus no segmento, que traziam consigo uma compreensão da importância do patrimônio já bastante presente em sua atuação cotidiana.

Assim, ao longo do tempo, a política pública oficial de preservação no Brasil foi se consolidando e se ampliando conceitual e territorialmente, com a criação de órgãos e instituições estaduais e municipais que atuam valorizando patrimônios e saberes locais e regionais, o que se deu principalmente a partir do Compromisso de Brasília de 1970, e o estabelecimento de Planos de Cultura nas três esferas governamentais.

Também é possível perceber aprofundamentos e alterações nas posições teóricas e ideológicas construídas em torno do tema, que ora se voltam mais ao patrimônio construído, ora para manifestações imateriais, culturais e populares. Independente de tais movimentos, a preservação do patrimônio no Brasil sempre foi entendida como uma função pública (Chuva, 1995)^{vi}.

Hoje, associações locais e universidades têm se organizado para contribuir cada vez mais com o poder público nas ações de preservação. Em que pese a dificuldade dos governos em estabelecer e manter bancos de dados, houve avanços significativos na área nos últimos anos, permitindo o acesso cada vez mais transparente a informações básicas sobre bens tombados (Cf. Rolim e Kodaira, 2019).

Um dos desafios que se coloca fortemente é a possibilidade de criação de uma política pública de preservação que seja geral, de ampla abrangência, porém baseada em experiências locais, cada vez mais frequentes e com maior qualidade.

Por isso, a gestão da informação ainda é um desafio, em especial porque, paradoxalmente, as tecnologias disponíveis permitem a coleta de uma quantidade de dados muito grande. À aparente facilidade na coleta de dados se segue uma proporcional dificuldade conceitual, metodológica, operacional e logística na sua guarda – mesmo digital – organização, sistematização e utilização.

Se observa, mesmo empiricamente, que a falta de clareza do uso que será feito de tais dados, acaba por trazer o risco de se criar bancos de dados gigantescos, constituídos sem integração e sem objetivos comuns que possam, ao menos, otimizar os escassos recursos disponíveis.

Dessa forma, o estabelecimento de políticas públicas de preservação baseados em normativas mínimas sobre aquisição de dados e parâmetros de conservação, bem como a definição de diretrizes para monitoramento, parece ser um caminho possível para o melhor aproveitamento das tecnologias disponíveis.

Especificamente sobre os equipamentos e métodos não destrutivos, os desafios atuais se concentram na criação de uma metodologia de implementação dessas ações, que perpassa as áreas de levantamento de dados, interpretação, diagnóstico, indicação de uso e, também, na determinação do momento ideal para a ação. Outra questão a ser observada é o alto custo de alguns destes equipamentos, o que pode trazer dificuldades no acesso e, portanto, no alcance de uso pretendido nesta área. Neste ponto, ressalta-se a necessidade e importância de desenvolvimento de ações integradoras entre universidades, centros de pesquisa, empresas, proprietários ou usuários do patrimônio edificado e, essencialmente, o próprio poder público.

Não obstante as dificuldades, que podem ser consideradas naturais diante do pouco tempo e do estágio atual de desenvolvimento destas técnicas e metodologias no Brasil, se deve registrar a importância da sua disseminação, da facilitação de acesso e a formação de uma maior base de estudiosos e técnicos habilitados.

Fica destacada, assim, a importância do desenvolvimento de políticas públicas neste sentido que deem acesso ao conhecimento e suporte ao desenvolvimento e implantação de metodologias de assistência técnica à sociedade, proprietários ou usuários de imóveis de interesse sócio-econômico-cultural. Assistência esta que contribua para a desmistificação de percepções negativas com relação à preservação, como por exemplo seu alto custo, dissemine sua importância e viabilidade e possa funcionar como ferramenta de auxílio à decisão técnica e mesmo negocial.

Afinal, ressalte-se a importância, para países como o Brasil – riquíssimo em patrimônios, mas nem tanto em meios –, da criação de bancos de dados organizados, articulados e facilmente acessíveis pela sociedade. Bancos que deveriam ser capazes de serem utilizados cotidianamente tanto na escala individual ou da intervenção pontual, quanto na formulação e desenvolvimento de políticas públicas abrangentes e eficientes na conservação e preservação do patrimônio cultural edificado.

Referências Bibliográficas

- ALEKSIS, A., et al. 3D representation of decay process on cultural assets as a diagnostic tool. In 8th National Conference on NDT of the Hellenic Society of NDT, HSNT, Athens. **Proceedings...** 2015, Atenas, 2015.
- BALZANI, Marcello. Il rilievo morfometrico e il restauro architettonico. In: _____. (Org.) **Restauro, Recupero, Riqualificazione: il progetto contemporaneo nel contesto storico**. Milão: Skira, 2011.
- BRASIL. [Constituição (1988)] **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Centro Gráfico do Senado Federal, 1988.
- CASIELLO, Stella. Introduzioni. In: GENOVESE, Rosa Anna. **Dalla conoscenza al progetto: metodologie e strumenti per la conservazione ed il restauro**. Nápoles: Arte Tipografica Editrice, 2011.
- CAVALCANTI, Marina Russell B. **Patrimônio virtual: a reconstrução em 3D e a preservação do patrimônio cultural**. Dissertação (mestrado profissional em preservação do patrimônio cultural) – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, Rio de Janeiro, 2019.
- CHOAY, Françoise. **O patrimônio em questão: antologia para um combate**. Belo Horizonte: Fino Traço, 2011.
- CHUVA, Márcia (org.). **A invenção do patrimônio: continuidade e ruptura na constituição de uma política oficial de preservação no Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da cultura/IPHAN, 1995.
- CUPERSCHMID, Ana R.M.; FABRICIO, Márcio M.; FRANCO, Júlio C., Jr. HBIM Development of A Brazilian Modern Architecture Icon: Glass House by Lina Bo Bardi. **Heritage 2**, no. 3: 1927-1940. 2019.
- DEZEN-KEMPTER, E.; SOIBELMAN, L.; CHEN, M.; MÜLLER F., A. V. Escaneamento 3D a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 113-124, 2015. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/102710>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- FONSECA, Maria Fernanda; INADA, Henrique Shoiti; MICHELIN, Guilherme. A vivência em atividades de pesquisa e extensão vinculadas a obras de conservação e restauro – o ponto de vista dos alunos sobre uma ação de levantamento cadastral por escaneamento 3D. In: SIMPÓSIO CIENTÍFICO DO ICOMOS BRASIL, 3, 2019, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2019. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/IIISimposioICOMOSBrasil/155740-A-VIVENCIA-EM-ATIVIDADES-DE-PESQUISA-E-EXTENSAO-VINCULADAS-A-OBRA-DE-CONSERVACAO-E-RESTAURO--O-PONTO-DE-VISTA-D>>. Acesso em: 12 jul. 2020.
- KÜHL, Beatriz Mugayar. Introdução. In: _____. **Arquitetura do ferro e arquitetura ferroviária em São Paulo: reflexões sobre a sua preservação**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2008.

MICHELIN, Guilherme. O uso de técnicas não-destrutivas e equipamentos não-invasivos em ações de levantamento cadastral e de patologias em preexistências construídas, com foco em edificações de interesse histórico-cultural e edificações antigas passíveis de reconversão. In: SIMPÓSIO CIENTÍFICO DO ICOMOS BRASIL, 3, 2019. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2019. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/IIISimposioICOMOSBrasil/155490-O-USO-DE-TECNICAS-NAO-DESTRUTIVAS-E-EQUIPAMENTOS-NAO-INVASIVOS-EM-ACOES-DE-LEVANTAMENTO-CADASTRAL-E-DE-PATOLOGIAS>>. Acesso em: 05 mai. 2020.

MICHELIN, Guilherme, BARROS, Willi de. A Comissão Técnica do Patrimônio Cultural. São Paulo: **Revista ABENDI**, 2020.

OECD, Frascati. **Manual 2015**: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. Paris: OECD Publishing, 2015

ROLIM, Mariana de Souza. **Preservação em sistema**: patrimônio mundial entre as Américas e a Europa. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Presbiteriana Mackenzie; Universidade de Ferrara. São Paulo; Ferrara, 2017.

ROLIM, M. S.; BALZANI, M.; MAIETTI, F. Luoghi per la storia: il Largo da Memória a San Paolo. **Paesaggio Urbano**, ano XXV, 2016, p.68 - 73.

ROLIM, Mariana de Souza; KODAIRA, Karina Terumi. Sobre bases de dados de bens tombados, preservação e o caso de São Paulo. In: SIMPÓSIO CIENTÍFICO DO ICOMOS BRASIL, 3, 2019, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2019. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/IIISimposioICOMOSBrasil/155582-SOBRE-BASES-DE-DADOS-DE-BENS-TOMBADOS-PRESERVACAO-E-O-CASO-DE-SAO-PAULO>>. Acesso em: 24 ago. 2020.

SOBRAL, Danielle; MICHELIN, Guilherme; CALDANA, Valter. Seminário Presbiteriano do Sul: canteiro de obras como ambiente de ensino, pesquisa e extensão. In: SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO ARQUITETURA E DOCUMENTAÇÃO, 5, 2018. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2018. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/arqdoc/71443-SEMINARIO-PRESBITERIANO-DO-SUL--CANTEIRO-DE-OBRAS-COMO-AMBIENTE-DE-ENSINO-PESQUISA-E-EXTENSAO>>. Acesso em: 27 set. 2020

Valter Luis Caldana Jr.
valter.caldana@mackenzie.br

Mariana de Souza Rolim
msrolim@outlook.com

Guilherme Antonio Michelin
guilherme.michelin@mackenzie.br

Notas

ⁱ No caso do Largo da Memória, o projeto contou também com a participação da Prefeitura Municipal de São Paulo, através de seu Departamento do Patrimônio Histórico. Sobre tal ação, conferir Rolim, Balzani e Maietti (2016).

ⁱⁱ LPP-Mackenzie e DIAPReM-UniFe, e novamente com a parceria do Departamento de Patrimônio Histórico (DPH) da Prefeitura Municipal de São Paulo, realizado em dezembro de 2018.

ⁱⁱⁱ Conforme definição da OECD, 2015.

^{iv} A visão dos alunos sobre o processo pode ser vista em FONSECA, INADA e MICHELIN (2019).

^v Sobre a CTPC, ver Michelin e Barros (2020) e a página da Comissão em <http://www.abendi.org.br/abendi/default.aspx?mn=1042&c=1321&s=&friendly=>

^{vi} A Constituição Federal Brasileira de 1988, em seu artigo 216, buscou ampliar tal entendimento: “Art. 216 [...] §1º O poder público, com a colaboração da comunidade, promoverá e protegerá o patrimônio cultural brasileiro, por meio de inventários, registros, vigilância, tombamento e desapropriação, e de outras formas de acautelamento e preservação” (BRASIL, 1988, grifo nosso).