



Bruna Anteneodo Vallejos

Marcos Vinícius Marques Alves

Estudo para execução de projeto de *retrofit* do Palacete de Francisca Osorio Mascarenhas, herdado pela Fundação Osorio.

Trabalho de Conclusão de Curso

Trabalho apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia Civil na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Orientadora: Fernanda Andrade Salgado

Rio de Janeiro
Dezembro de 2022



Agradecimentos

À minha orientadora e professora, Fernanda Salgado, pela oportunidade e dedicação ao conduzir este trabalho e aos ensinamentos em sala de aula. Ao meu grande amigo e companheiro na jornada dos últimos anos e deste trabalho, Marcos, sem a sua amizade, a graduação não teria sido a mesma.

À instituição de ensino PUC-Rio, essencial no meu processo de formação profissional, pela dedicação e por tudo o que aprendi ao longo dos anos do curso. Aos professores Flávio Silva e Daniel Cardoso, aos quais tenho enorme respeito, pelos ensinamentos e por verem um potencial em mim, que me incentivaram e permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional. Às professoras Christine Sertã, Ana Rosa Martins e Monica Aguiar, as quais tenho muita admiração, por me motivarem e estarem sempre disponíveis a compartilhar todo o seu vasto conhecimento. Ao Antonio Krishnamurti, professor, companheiro no EMDEC e chefe na AquaFluxus, por todos os conselhos, ajuda e paciência, com as quais guiaram o meu aprendizado e por acreditar em mim e me apoiar não só na formação, mas também na vida, sempre me levando a ser alguém melhor.

Aos meus pais, pelo amor, apoio e por despertar em mim a paixão por aprender. Agradeço a minha mãe, Celia, fonte da minha maior admiração, que me deu força e incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço. Ao meu pai, Raúl, meu herói, que com os seus conselhos me fortaleceu, sempre me motivando a ir além do que eu acreditava ser capaz.



Ao meu amigo incrível e namorado, Pedro Antônio, pelo seu amor, por sempre estar presente e me apoiar. Sem ele, com certeza, os últimos anos teriam sido muito mais árduos.

Aos meus colegas de curso de Engenharia Civil, em especial Marcos, Ricardo e Guilherme, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, e aos que surgiram recentemente, David, Marina, Nycollas e Victor, pela amizade e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formanda. Espero continuar compartilhando memórias com eles tanto na vida profissional quanto pessoal.

Aos meus amigos que o ciclo básico me presenteou Amanda, Rachel, Wendel, Henrique, Brite, Lucas e Pedro, por compartilharem comigo tantos momentos de descobertas e aprendizado e por toda a amizade e apoio ao longo deste percurso. Com certeza vão continuar presentes em minha vida.

Aos membros da Equipe AeroRio, Baccar, Matheus, Pedro ACM, Rodrigo, Mota, Pedro Ivo, Enzo, Gabi, João G., Rebecca, Toscano e Stella, por me darem a oportunidade de crescer e me desenvolver ao seu lado. Os anos de equipe e amizades ficarão no meu coração para sempre.

Meus agradecimentos aos amigos e companheiros do Escritório Modelo de Engenharia Civil e Ambiental - EMDEC, principalmente Amanda W. e Pamela, juntas participarmos do desenvolvimento de um projeto tão importante para as gerações futuras de alunos dos cursos de engenharia civil, ambiental e outros que vier a englobar.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada!

Bruna Anteneodo Vallejos



Agradecimentos

Aos meus familiares, aos meus pais, Prof^a. Tatiana da Silva Marques Alves e Marcos Antônio Alves Junior, aos meus avós, Alberto Marques e Maria da Conceição Marques, à minha tia e madrinha de batismo, Dra. Andrea da Silva Marques Ribeiro, ao meu tio Prof^o Carlos Eduardo Ribeiro, à minha madrinha de crisma, Eng. Química Dra. Maria Isabel Pais da Silva, que graças a vocês cheguei até aqui. Vocês me ensinaram o valor da Educação e me influenciaram sendo exemplos de vida. Sou muito grato a todos!

Aos meus amigos da PUC-Rio, em especial aos futuros Engenheiros Civis Bruna Vallejos, Ricardo Vianna e Guilherme Piacsek. Vocês estiveram comigo durante esses cinco anos e me ajudaram a evoluir academicamente e profissionalmente. Agradeço muito a amizade de vocês!

A todos os professores da graduação, os quais guardo os nomes com muito carinho na memória, que se esforçaram para transmitir seus conhecimentos e me acolheram em diversos momentos de questionamento e de atividades acadêmicas que me envolvi nesses últimos anos. Obrigado por tudo!

À toda a Equipe do Serviço de Orientação Universitária do Centro Técnico Científico da PUC-Rio, que me acolheu como Monitor e como aluno em diversos momentos, que trouxeram conselhos e que sempre ajudaram na minha evolução acadêmica. Muito obrigado!

Aos meus grandes mentores profissionais, à Engenheira Civil Luiza Varela, ao Arquiteto Luiz Damião e ao Engenheiro Civil André Celano, que, além de abrirem as portas para a minha vida profissional, me dando as primeiras oportunidades da carreira, me acolheram como estagiário e sempre me apoiaram no meu desenvolvimento. Parte



do profissional que eu sou hoje é graças aos ensinamentos que vocês me deram, sejam eles técnicos ou não. Muito obrigado!

À toda a equipe da Celano Engenharia de Avaliações e Perícias, à secretária Carla Rodrigues, aos Advogados Nathalia Coutinho, Mariana Fagundes, Renato Pimentel e Eduardo Lobo, aos Engenheiros Civis Mário Celano e Bernardo Celano, que acompanharam todo o processo de escrita e desenvolvimento deste trabalho, me dando conforto e palavras de apoio no cotidiano do escritório. Obrigado!

À Direção da Fundação Osório, em especial ao Coronel Salgueiro, ao Coronel Alex e ao Coronel Meireles, que permitiram que o Palacete da escola fosse utilizado como tema deste trabalho. Obrigado!

Por fim, mas não menos importante, à minha orientadora, Engenheira Civil Professora Fernanda Salgado, e a grande amiga, parceira nesse trabalho e futura Engenheira Civil Bruna Vallejos, que aceitaram embarcar nessa ideia e me ajudaram a desenvolver o presente Trabalho de Conclusão de Curso. Muito obrigado!

Que Nossa Senhora Aparecida possa acompanhar vocês em toda a vida, abrindo caminhos e os protegendo com seu manto.

Marcos Marques



Resumo

Quando se trata da preservação de um patrimônio histórico, o *retrofit* é a ferramenta utilizada para atualizar o edifício, adicionando novas tecnologias, sistemas de construção e/ou equipamentos, adaptando-o às normas vigentes sem comprometer a memória e arquitetura local. Nesse contexto, este trabalho apresenta um estudo de caso realizado sobre um Palacete situado na cidade do Rio de Janeiro, construído no ano de 1926, com projeto do arquiteto G. Marmorat. A referida edificação, de dois pavimentos, foi construída originalmente para fins residenciais e prepara-se, para no futuro breve, tornar-se uma Faculdade de Educação Federal, denominada Faculdade Osorio. Sendo assim, é necessário prever investigações, verificações estruturais e soluções para que a sua adaptação ao novo uso possa permitir a preservação do patrimônio histórico construído. Ao longo do presente trabalho é apresentada análise baseada em visitas técnicas realizadas a edificação em estudo, a qual permitiu a análise das ações a serem consideradas no retrofit e sua prioridade no escopo do projeto. É apresentada metodologia para determinação do escopo para um projeto de retrofit, sendo propostas soluções (i) para a recuperação das instalações prediais e a adaptação da edificação para receber sistema de proteção e combate a incêndio e (ii) para a tornar a edificação acessível a pessoas com dificuldade de locomoção, além de realizar a verificação estrutural, fator de extrema importância, tendo em vista a mudança do uso do Palacete.

Palavras-chave: *retrofit*; casarão; palacete; patrimônio histórico; edificações históricas; parede autoportante.



Abstract

When it comes to the preservation of historical heritage, retrofit is the tool used to update the building, adding new technologies, construction systems and/or equipment, adapting it to current regulations without compromising local memory and architecture. In this context, this paper describes a case study of a historical stately home located in the city of Rio de Janeiro, built in 1926 and designed by the architect G. Marmorat. The aforementioned building, a two-story house, was originally built for residential purposes and is preparing, in the near future, to become a Faculty of Federal Education, called Faculdade Osorio. Therefore, it is necessary to foresee investigations, structural verifications and solutions so that its adaptation to the new use can allow the preservation of the built historical heritage. Over this paper is presented an analysis base on the technical visits to building, this study's object, which allowed the determination of the actions to be considered in the project's scope. It's presented a methodology to scope determination for a retrofit project, suggesting solutions (i) to restore the buildings installations and to adapt the building to receive fire protection system and (ii) to transform the building on a accessible building for people with limited mobility, besides a structural inspection, factor of extremely importance owing to the new use of the Palace.

Keywords: retrofit; historical heritage; historical stately home; historical buildings; self-supporting brick.



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DE PROJETOS DE <i>RETROFIT</i>.....	3
2.1	Técnicas e práticas do <i>retrofit</i>	4
2.2	Análise de escopo de projetos de <i>retrofit</i>	7
2.3	Barreiras ao <i>retrofit</i> de edifícios.....	9
2.4	<i>Retrofit</i> no Brasil	12
2.4.1	Pinacoteca do Estado de São Paulo	12
2.4.2	Hotel Fasano, em Salvador.....	14
2.4.3	Edifício Martinelli, no Centro Histórico de São Paulo	15
2.4.4	Edifício Galeria, no Centro do Rio de Janeiro	16
3	MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO E DEFINIÇÃO DE AÇÕES	18
3.1	Métodos de investigação <i>in loco</i>	18
3.1.1	Estrutural	19
3.1.1.1	Ensaio de fotogrametria	21
3.1.1.2	Ensaio de termografia infravermelha	21
3.1.1.3	Pacometria.....	23
3.1.1.4	Esclerometria	24
3.1.1.5	Ensaio de ultrassom.....	25
3.1.1.6	Ensaio de macaco plano	26
3.1.1.7	Método de retroanálise estrutural	28
3.1.2	Instalações prediais	29
3.1.2.1	Serviços nos sistemas hidrossanitário e de águas pluviais	29
3.1.2.2	Serviços no sistema elétrico	33



3.2	Análise do escopo e definição de ações.....	36
4	ESTUDO DE CASO: LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES	39
4.1	A herança de Francisca Osorio Mascarenhas	39
4.2	O Palacete e a motivação para o projeto de <i>retrofit</i>	41
4.3	O Arquiteto Gabriel Marmorat.....	43
5	ESTUDO DE CASO: CONSTATAÇÕES E DEFINIÇÃO DO ESCOPO....	47
5.1	Definição do escopo do <i>retrofit</i>	63
6	ESTUDO DE CASO: PROPOSIÇÕES E VERIFICAÇÕES.....	72
6.1	Estrutura.....	72
6.1.1	Metodologias investigativas	72
6.1.2	Verificações estruturais	73
6.1.2.1	Cenário crítico de carregamento	84
6.1.2.2	Cenário provável de carregamento.....	88
6.2	Instalações Prediais.....	92
6.2.1	Metodologias investigativas	92
6.2.2	Proposição de soluções.....	93
6.3	Acessibilidade	96
6.3.1	Proposição de soluções.....	96
7	CONCLUSÃO.....	99
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102



ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 - Técnicas básicas utilizadas nas obras de construção, reforma e <i>retrofit</i> .	5
Quadro 5.1 – Matriz de decisão: Justificativa dos valores atribuídos por ação.	68
Quadro 5.2 – Continuação	69
Quadro 5.2 – Continuação	70
Quadro 5.2 – Matriz de decisão: Análise de escopo e ações de <i>retrofit</i> .	71
Quadro 6.1 – Cargas atuantes na edificação	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Torre do Castelo de Guimarães com evidência da fratura e detalhe da medida de reforço utilizada	8
Figura 2.2 – Pinacoteca	12
Figura 2.3 – Interior da Pinacoteca	13
Figura 2.4 – Hotel Fasano	14
Figura 2.5 – Edifício Martelli	15
Figura 2.6 – Edifício Galeria	16
Figura 3.1 - Nuvem de pontos obtida no TMRJ	21
Figura 3.2 – Termografia infravermelha obtida na cúpula da Av. Rio Branco do TMRJ.	22
Figura 3.4 – Resultado do ensaio na abóbada do <i>foyer</i> do TMRJ, mostrando a posição das barras de aço.	24



Figura 3.5 – Realização do ensaio de esclerometria no TMRJ.	25
Figura 3.6 – Formas de onda obtidas pelo ensaio de ultrassom no TMRJ.....	26
Figura 3.7 –Realização do ensaio de macaco plano duplo no TMRJ.....	28
Figura 3.8 – Procedimento de vídeo inspeção. (a) ilustração do funcionamento e (b) profissional executando o ensaio.....	31
Figura 3.9 – Ultrassom em tubulações.	32
Figura 3.10 – Inspeção por termografia em instalações hidrossanitárias.....	33
Figura 3.11 – Inspeção elétrica com ultrassom	35
Figura 3.12 – Inspeção por termografia em instalações elétricas.	36
Figura 4.1 – Fachada frontal do Palacete	40
Figura 4.2 – Fachada dos fundos do Palacete	40
Figura 4.3 – Assinatura do Arquiteto G. Marmorat na fachada no Palacete....	43
Figura 4.4 – Trecho da Tabela 10 da ABNT NBR 6120:2019 para edificações residenciais.....	45
Figura 4.5 – Trecho da Tabela 10 da ABNT NBR 6120:2019 para bibliotecas	46
Figura 4.6 – Trecho da Tabela 10 da ABNT NBR 6120:2019 para escolas e instituições de ensino	46
Figura 5.1 – Trecho do levantamento realizado para projeto de revitalização.	48
Figura 5.2 – Trecho de parede sem reboco.	49
Figura 5.3 – Buraco aberto para ar-condicionado. Possível visualizar alvenaria dupla.....	49
Figura 5.4 – Trecho de parede sem reboco.	50
Figura 5.5 – Trecho de parede sem reboco.	50



Figura 5.6 – Trecho de parede sem reboco.	51
Figura 5.7 – Trecho de parede sem reboco.	51
Figura 5.8 – Planta baixa do 1º pavimento.....	52
Figura 5.9 – Planta baixa do 2º pavimento.....	53
Figura 5.10 – Lajes danificadas, com pontos de exposição de armadura de aço.	54
Figura 5.11 – Revestimento de piso original.....	55
Figura 5.12 – Guarda corpo em metal e colunas ornamentais, ambos elementos originais da edificação.	56
Figura 5.13 – Rodateto e detalhes do revestimento de parede, ambos elementos originais da edificação.	56
Figura 5.14 – Guardacorpo da escada em metal, esquadrias de madeira e elevador (porta da esquerda), todos elementos originais da edificação.....	57
Figura 5.15 – Revestimento do piso, colunas ornamentais e detalhes no revestimento das paredes, todos elementos originais da edificação.	57
Figura 5.16 – Porta de entrada em metal e vidro e detalhes no revestimento das paredes, ambos elementos originais da edificação. A foto da esquerda é datada de 2017 e a da direita de 2022.	58
Figura 5.17 – Claraboia central em vidro ornamental, elemento original da edificação.	58
Figura 5.18 – Salão principal do Palacete, com detalhes arquitetônicos, esquadrias e piso original.....	59
Figura 5.19 – Detalhes arquitetônicos nas paredes originais da edificação.	59



Figura 5.20 – Detalhes arquitetônicos nas paredes e guarda corpo do segundo pavimento originais da edificação.	60
Figura 5.21 – Vistas da cabine do elevador, original à construção da edificação, com detalhes nos metais e informações acerca de sua utilização.	61
Figura 5.22 – Vistas da escada, totalmente original da construção.....	62
Figura 5.23 – Guarda-corpo e circulação principal do segundo pavimento com elementos arquitetônicos originais.....	62
Figura 6.1 – Valores de referência para classificar a robustez da edificação...	75
Figura 6.2 – Principais arranjos estruturais	77
Figura 6.3 – Sala em estudo	85
Figura 6.4 – Distribuição de cargas na laje da Sala 19.....	86
Figura 6.5 - Parede em análise a direita da fotografia, em estado de conservação similar a parede retratada.	91
Figura 6.6 - Parede em análise a direita da fotografia, em estado de conservação similar a parede retratada.	94
Figura 6.7 – Desnível identificado no segundo pavimento, em cima do vão da escada quando da visita técnica.	95
Figura 6.8 – Solução proposta, 2º pavimento.....	95
Figura 6.9 – Fachada posterior da edificação.....	97
Figura 6.10 – Fachada posterior da edificação com a ilustração das soluções propostas	97
Figura 6.11 – Museu Rainha Sofia, em Madrid, na Espanha.....	98



1 INTRODUÇÃO

A cidade do Rio de Janeiro já vivenciou diversas influências construtivas ao longo de sua história. Um simples passeio pela cidade permite ao indivíduo perceber edificações históricas que remetem a diferentes períodos, sendo algumas delas mantidas em bom estado de conservação e outras em estado de deterioração. No Brasil, é historicamente comum que antigas edificações sejam demolidas e deem lugar a modernos edifícios, de modo a aumentar a área construída da cidade que pode ser usufruída pela sociedade.

Entretanto, tendo em vista diversas questões, entre elas a importância de manter a história presente nas edificações históricas, mas mantendo-as de maneira eficiente e adaptando-as a novos usos, vem surgindo a necessidade de estudar técnicas de recuperação das referidas edificações. O processo de reforma, recuperação e adaptação a normas técnicas vigentes recebe o nome de *retrofit*.

Dada a importância da realização de estudos acerca do tema, de maneira a preparar os profissionais para planejar e executar obras de *retrofit*, o presente trabalho apresenta breve pesquisa acerca do tema, definindo e caracterizando obras desta tipologia, além de apresentar as etapas para a sua realização. Ademais, apresenta-se também metodologias investigativas que podem ser utilizadas para levantar dados acerca da edificação a ser “retrofitada” e que vão nortear as decisões sobre o escopo do projeto a ser executado, que permitirá a reintegração da edificação na sociedade, dando-a uma nova utilização ou permitindo sua atualização às novas tecnologias que irão baratear seu custo de operação e manutenção.

Por fim, a partir da pesquisa realizada, executa-se um estudo de caso em um Palacete situado em uma das principais vias de Botafogo, na cidade do Rio de Janeiro, cuja data de construção remete-se ao ano de 1926. A referida edificação, de dois



pavimentos, foi construída originalmente para fins residenciais e prepara-se, para no futuro breve, tornar-se uma Faculdade de Educação Federal, denominada Faculdade Osorio. Sendo assim, propõe-se metodologias investigativas para auxiliar na tomada de decisões, verificações estruturais e soluções para que a sua adaptação ao novo uso possa permitir a preservação do patrimônio histórico construído.



2 DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DE PROJETOS DE *RETROFIT*

Quando se trata da preservação de um patrimônio histórico, o *retrofit* é a ferramenta utilizada para atualizar o edifício, adicionando novas tecnologias, sistemas de construção ou equipamentos, adaptando-o às normas vigentes sem comprometer a memória e arquitetura local (COELHO, 2021; INBEC, 2021). O processo de *retrofit* pode ser uma oportunidade para melhorar a funcionalidade e evitar a deterioração do patrimônio edificado. Soluções de *retrofit* sob medida podem melhorar a conservação do edifício, ao mesmo tempo em que atuam no conforto dos usuários e reduzem a demanda de energia, aspectos cruciais para garantir a continuidade do uso dos edifícios ao longo do tempo, aumentando a sua vida útil (BUDA *et al.*, 2021). Além disso, e mais importante, preserva-se a estrutura e valoriza-se o patrimônio construído.

Atualmente, os *retrofits* de edifícios são predominantemente focados em economia de energia e de consumo de água - essencial para o desenvolvimento sustentável de nosso ambiente construído -, redução de custos operacionais e valorização do imóvel. Um exemplo disso é o aumento da eficiência de edifícios comerciais por meio de equipamentos de aquecimento atualizados, esquadrias aprimoradas e novo isolamento, o que garante conforto térmico e redução da utilização de sistemas de climatização (INBEC, 2021). Outro exemplo são os *retrofits* de fachadas e coberturas e as adequações de instalações elétricas e hidráulicas ultrapassadas ou avariadas, que podem aumentar a vida útil da estrutura e oferecer redução de custos de manutenção.

Ademais, como algumas distorções e problemas surgem e se acumulam ao longo do tempo de utilização da construção, o *retrofit* é uma oportunidade de corrigir essas



questões. Um exemplo disso são reformas e restaurações realizadas ao longo da vida da estrutura sem devido acompanhamento ou sem preservação do acervo arquitetônico.

Em contraste, os projetos que abordam principalmente a sustentabilidade ambiental, concentram-se quase exclusivamente em medidas que permitam a eficiência energética e economia de custos, que podem não ser necessariamente compatíveis com a preservação de valores patrimoniais (FRANCO; MAGRINI, 2017). Assim, pode ser desafiador para os engenheiros, arquitetos e designers preservar os valores do patrimônio cultural construído enquanto implementam essas soluções de *retrofit*. De fato, alguns autores identificaram riscos de destruição ou de deterioração significativa dos valores patrimoniais inerentes a alguns edifícios se as medidas de eficiência energética forem implementadas de forma isolada, verificando apenas a redução do consumo de energia (HISTORIC ENGLAND, 2012; BUDA *et al.*, 2021).

Conclui-se, portanto, que uma das dificuldades dos profissionais ao selecionar soluções de *retrofit* é entender o impacto potencial de suas escolhas nas peculiaridades dos edifícios históricos em comparação com as construções modernas (AKKURT *et al.*, 2020). Portanto, o planejamento de intervenções de *retrofit* é um processo complexo de escolha de soluções adaptadas a um caso específico (BUDA, 2020).

2.1 Técnicas e práticas do *retrofit*

Admite-se que existe um limite à extensão das alterações que podem ser feitas em obras de *retrofit* de edifícios sem um impacto significativo em sua aparência e acervo histórico. Melhorar a sustentabilidade desses edifícios resulta em uma tensão entre as demandas concorrentes pela preservação do patrimônio e as pressões para reduzir o impacto ambiental dos edifícios em uso (IHBC, 2020).



Assim, o *retrofit* deve envolver a aplicação de um processo de construção integrado em todo o edifício. Para isso, existem diversas técnicas básicas que podem ser utilizadas em elementos-chave de uma construção, como aquelas apresentadas no Quadro 2.1. Conforme exposto anteriormente, pode-se notar que as ações de *retrofit* são mais bem detalhadas para o tópico de sistema de climatização, tendo em vista que este é o principal foco nos projetos de *retrofit* atualmente.

Quadro 2.1 - Técnicas básicas utilizadas nas obras de construção, reforma e *retrofit*.

Sistema	Medição/Observação	Ação de <i>retrofit</i>
Estrutura	Patologias de diversas origens e causas	Solucionar o problema seguindo o processo de intervenção em casos patológicos descrito por Lichtenstein (1985). Etapa 1 – Subsídios: realização de vistoria no local, levantamento de informações e realização de ensaios. Etapa 2 – Diagnóstico: com base das informações da etapa 1, realizar a elaboração de hipóteses das causas e possíveis consequências. Etapa 3 – Definição de conduta: avaliação das alternativas de intervenção, decisão da terapia e, por fim, resolução do problema.
	Novos esforços previstos no projeto	Aumento da capacidade portante do elemento a fim de receber novos esforços; reestruturar o elemento recorrendo a novas alternativas tecnológicas. Alternativas para o reforço estrutural são: utilização de elementos de aço como chapas e perfis; “encamisamento” com concreto de alto desempenho, adição de novas armaduras, aplicação de polímeros com fibras de carbono e intervenções nos elementos de fundação (DE LORENZIS; TENG, 2007; ONOFRE <i>et al.</i> , 2021; COURARD <i>et al.</i> , 2012).
Instalação hidráulica, de esgoto, água pluvial e elétrica.		Instalação de tecnologias de baixo consumo. Atualização do sistema para garantir conformidade com as normas vigentes. Instalação de sistemas de energia renovável como energia fotovoltaica e eólica.
Climatização (HVAC/AVAC - aquecimento,	Vazamento em tubulações e registros	Vedação das tubulações - massa epóxi, fita para reparo, pasta vedante etc. Substituição dos registros e se necessários das tubulações



ventilação e ar-condicionado) (WALKER, 2003)	Desempenho das tubulações	Verificação do dimensionamento, vazão e pressão nas tubulações. Isolamento e vedação das tubulações.
	Ventilação pontual e ar-condicionado.	Substituição de ventiladores por unidades de maior eficiência. Substituição de ares-condicionados de janela por unidades centrais ou de distribuição e consumo melhoradas.
	Idade e condição do sistema AVAC	Limpeza e reparo de danos no sistema, substituição caso sejam observados danos irreparáveis ou caso seja necessário atualização para garantir conformidade com as normas vigentes.
	Teste de umidade	Controle da fonte – melhorar a ventilação das cozinhas e banheiros, corrigir rufos e impermeabilizações executadas no telhado/cobertura, substituição de janelas, adicionar isolamento em paredes, pisos e tetos.
	Controle de irradiação solar	Adição de barreira radiante no teto do último pavimento ou aplicação de revestimentos de telhado de baixa absorção.
	Construção/reformas de paredes, tetos e pisos	Garantir espaço para dutos e tubulações.
	Consumo energético	Avaliação das contas de energia do empreendimento
	Pesquisa com ocupantes	Entender questões como climatização natural, circulação de ar e temperaturas médias na residência.
Conforto acústico	Paredes, tetos e pisos	Instalação de revestimentos acústicos nas superfícies externas e internas.
	Esquadrias	Substituição por vidros duplos ou triplos.
Controles e medições		Instalação de controles, medidores e sistemas de gestão predial inteligentes. A adoção de técnicas como <i>Internet of Things (IoT)</i> ou “Internet das Coisas” pode trazer melhorias aos controles automatizados e economia de energia para o empreendimento.



2.2 Análise de escopo de projetos de *retrofit*

O *retrofit* é um processo que envolve o balanceamento cuidadoso entre diferentes elementos e seus efeitos no desempenho geral do edifício. Além disso, como mencionado anteriormente, uma das dificuldades dos profissionais ao selecionar soluções de *retrofit* é entender o impacto potencial de suas escolhas nas peculiaridades das construções históricas em relação às construções modernas (AKKURT *et al.*, 2020). Isso porque os edifícios históricos contaram com recursos locais e técnicas tradicionais de construção para garantir conforto térmico, iluminação e ventilação natural suficientes (por exemplo, pedra, tijolo ou alvenaria mista de alta espessura garantindo certo isolamento térmico; janelas e vãos de parede garantindo luz natural e ventilação natural), com estratégias ativas simples (por exemplo, lareiras) para proporcionar um ambiente interno adequado (GLASSIE, 2000; OLIVER, 2006; SAYIGH, 2019).

Assim, a medida de intervenção estrutural a ser adotada em uma construção histórica deve ser cuidadosamente analisada, considerando fatores como as características construtivas do edifício e o funcionamento estrutural a longo prazo. Devem ser evitados materiais que descaracterizem ou que, de algum modo, não sejam compatíveis com os materiais utilizados originalmente nas construções históricas. De acordo com o estudo realizado por Mesquita *et al.* (2016), um exemplo desta incompatibilidade entre os materiais originais e os utilizados numa intervenção é a utilização de argamassas de cimento, ao invés de argamassas de cal, para o preenchimento de juntas em alvenarias de pedra, que potencializam a ocorrência de reações de natureza álcali-agregado.

Mesquita *et al.* (2016) também comentam que um bom exemplo de medida de intervenção bem planejada, compatível e eficiente pode ser dado através do caso do Castelo de Guimarães, localizado na cidade de Guimarães, em Portugal. Observou-se que

uma das oito torres do castelo apresentava abertura de fissuras, essencialmente nas juntas. As investigações constataram que se tratava de um movimento do maciço rochoso que servia como fundação para a estrutura. Desse modo, após a identificação da origem principal dos danos observados, a medida de intervenção realizada centrou-se na consolidação do maciço através de pregagens, recolocação de rochas na base dos maciços e aplicação de injeções de pasta consolidante, como mostra a Figura 2.1. Após a constatação de que os movimentos da torre haviam cessados, optou-se pela realização de um preenchimento das juntas com argamassa de cal e continuação da monitorização, a fim de se verificar futuros deslocamentos.

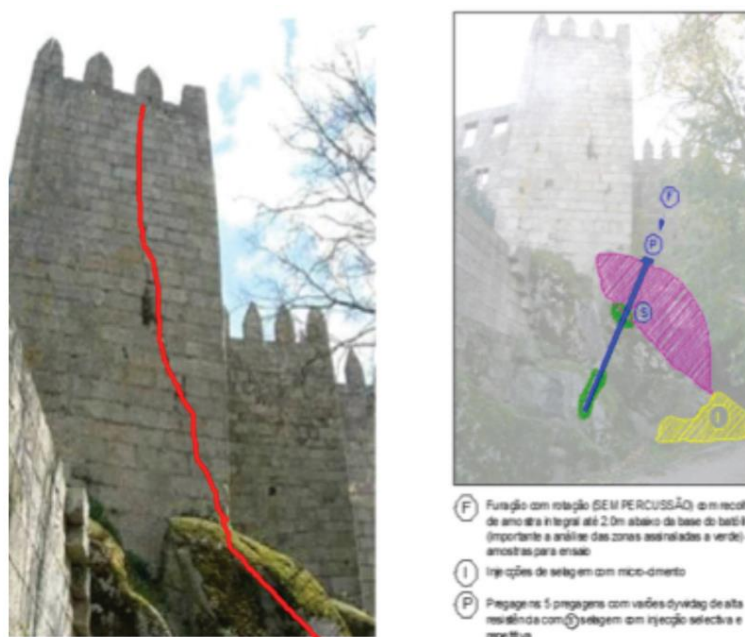


Figura 2.1 - Torre do Castelo de Guimarães com evidência da fratura e detalhe da medida de reforço utilizada

Fonte: FONSECA, 2008 *apud* MESQUITA *et al.*, 2016

Por outro lado, o número de publicações que abordam obras de *retrofit* como forma de melhorar edifícios com valor cultural e arquitetônico, tendo em vista não só reformas estruturais, mas também eficiência energética, vem aumentando constantemente durante a última década (SCHWEBER; LEIRINGER, 2012; LIDELÖW *et al.*, 2019;



MARTINEZ-MOLINA et al, 2016). O equilíbrio entre a redução do consumo de energia e os princípios de conservação do patrimônio histórico foi o critério dominante na literatura recente, devido à necessidade premente de conservar a integridade física desses edifícios.

No entanto, a variabilidade das construções históricas não permite identificar na literatura estratégias de *retrofit* que possam ser consideradas exemplares quando aplicadas a todas as edificações. Portanto, é muito importante que os riscos sejam entendidos e gerenciados de forma adequada a cada projeto individualmente. As soluções padronizadas não devem ser simplesmente implementadas sem a devida consideração e é vital que cuidados sejam tomados de forma a garantir uma execução de alta qualidade. Assim, em cada fase do *retrofit* – avaliação, projeto, execução e uso – é aconselhável ter pontos de observação para auxiliar a evitar problemas como: adoção de soluções inadequadas, falta de robustez do projeto detalhado, erros de execução e entrega e orientações ao usuário inadequadas (IHBC, 2020).

Uma vez que o edifício tenha sido adaptado, o processo de avaliação pós-ocupação é importante para determinar seu sucesso geral e garantir que as lições sejam aprendidas para projetos futuros. Isso pode envolver o monitoramento do uso de energia, pesquisas com os ocupantes e assim por diante.

2.3 Barreiras ao *retrofit* de edifícios

Quando corretamente planejado, projetado e executado, o *retrofit* pode trazer diversos benefícios, inclusive financeiros. Como mencionado anteriormente, o *retrofit* diminui custos de manutenção, garante o atendimento às normas vigentes, aumenta a possibilidade de uso do local, reduz gastos de energia e água, entre outros fatores. Além



de diminuir os custos, o *retrofit* também poupa o meio ambiente, na medida em que favorece a sustentabilidade do edifício, com a utilização de tecnologias modernas e ecologicamente corretas.

Algumas soluções simples podem garantir que o edifício se torne mais eficiente, por exemplo, dentro do *retrofit*, uma questão fundamental é a adequação dos sistemas de iluminação. É essencial a substituição de lâmpadas antigas por equipamentos mais modernos, como lâmpadas LED, sensores de movimento, películas protetoras que garantem conforto térmico e lumínico, entre outras tecnologias que devem ser analisadas de acordo com a necessidade do edifício (INBEC, 2021).

Muitas vezes, no entanto, a escolha e implementação de soluções de *retrofit* em edifícios históricos é cerceada por diversas barreiras, entre elas, financeiras, regulamentarias, técnicas e de conscientização (BUDA *et al.*, 2021; D'ANGELO, L. *et al.*, 2022).

A ausência de subsídios financeiros, que podem ajudar o proprietário a cobrir o custo inicial do investimento, é a barreira mais percebida (EUROPEAN COMMISSION, 2015; BOONS *et al.*, 2013), juntamente com a falta de conhecimento do valor do imóvel - que nem sempre reflete o novo desempenho energético do edifício (MA *et al.*, 2012) - e do retorno de longo prazo dos investimentos (HOU *et al.*, 2016; TORREGROSSA, 2020). Em seguida, há barreiras regulamentárias relacionadas às limitações dos códigos de energia na construção (ABUZEINAB *et al.*, 2017; SARDIANOU, 2008), às mudanças frequentes na estrutura legal, à incentivos equivocados (AL-SALEH; MAHROUM, 2015) e ao prazo limitado para a implementação das medidas de *retrofit* (BPIE, 2016).

Além disso, a ausência de expertise e habilidades no setor de *retrofit*, a existência de tecnologias incompatíveis e a ineficiência na identificação de oportunidades de



retrofit, representam as barreiras técnicas. Já as barreiras de conscientização dizem respeito à falta de interesse dos proprietários em intervenções de *retrofit*, sejam elas com foco na conservação do acervo arquitetônico ou na eficiência energética (VINE *et al*, 2003).

Contudo, cada barreira pode ter um fator motivador associado que incentive a execução de projetos de *retrofit* e o alcance da sustentabilidade. Tal como subsídios, esquemas de apoio financeiro mais acessíveis e incentivos fiscais, códigos de construção obrigatórios com requisitos de alto desempenho energético, campanhas de informação a nível local e treinamento para profissionais de construção (TORREGROSSA, 2020). O BIM (*Building Information Modeling*) poderia superar algumas dessas barreiras ajudando os profissionais a estimar custos e economias de energia com mais precisão em edifícios pós-*retrofit*, o que auxiliaria os proprietários a investir em medidas de eficiência energética. Além disso, a metodologia melhora a colaboração entre diferentes projetos e partes interessadas, facilitando o compartilhamento de dados e a coordenação de projetos.

O BIM é o processo holístico de criação e gerenciamento de informações que permite aos profissionais de arquitetura, engenharia e construção planejar, projetar, construir e gerenciar projetos de construção com eficiência ao longo do seu ciclo de vida (AUTODESK, 2022). Muitos profissionais afirmam que o BIM costuma ser utilizado nas fases iniciais do ciclo de vida da edificação e seu uso termina após a sua construção (HERMAWATI; MAS, 2017). De fato, os procedimentos BIM estão bem estabelecidos para novos projetos de construção e resultam em uma redução de 61% nos erros de processo, de 20 a 30% nos custos de construção e de 20% na duração do projeto (MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2014). No entanto, há pouca maturidade na implantação do BIM para *retrofit* de edifícios existentes (VOLK *et al*, 2014; CHONG,

2017) devido a vários desafios: informações ausentes ou obsoletas, desafios técnicos, desafios de custos e desafios organizacionais e legais.

2.4 Retrofit no Brasil

No Brasil, alguns monumentos históricos passaram pelo processo de revitalização sem o comprometimento da memória do espaço. A seguir, são listados e apresentados alguns exemplos de edificações cuja reforma foi feita utilizando-se o conceito de *retrofit*.

2.4.1 Pinacoteca do Estado de São Paulo

Um dos grandes exemplos de aplicação de retrofit no Brasil é o projeto da Pinacoteca de São Paulo, apresentado na Figura 2.2, realizado pelo arquiteto Paulo Mendes da Rocha em 1998. O edifício original, construído no final do século XIX, passou, ao longo dos anos, por diversos tipos de ocupação, transformações, degradações e abandono (ARCHDAILY BRASIL, 2022).



Figura 2.2 – Pinacoteca
Fonte: COELHO, 2021.

O projeto de *retrofit* foi uma intervenção para adequar o edifício às normas vigentes, garantir a segurança para a nova utilização. Para tanto, havia diversos desafios

a serem resolvidos, como umidade, vazios internos, uma planta original rígida e um plano de acesso comprometido pelas áreas em seu entorno (INBEC, 2021).

Assim, sem deixar de preservar a construção original e suas fachadas externas, o projeto contou com adequações como:

- Instalação de uma nova rede elétrica;
- Criação de uma nova espacialidade do interior do edifício;
- Reforço estrutural das lajes de piso;
- Adequação de rampas e inclusão de elevadores para garantir acessibilidade;
- Telhados com vidros para melhor aproveitar a iluminação natural.

Na Figura 2.3 é possível observar um exemplo de inclusão de rampas e elevadores no projeto, além da construção do telhado de vidro.



Figura 2.3 – Interior da Pinacoteca
Fonte: COELHO, 2021.

2.4.2 Hotel Fasano, em Salvador

Outro grande exemplo de retrofit é o Hotel Fasano, localizado em Salvador (Figura 2.4). A edificação original, em estilo art déco, foi inaugurado em 1930 e durante 45 anos abrigou alguns escritórios, entre eles a sede do jornal A Tarde. Porém, em 1975, o periódico mudou de sede e deu espaço a novas salas comerciais e, ao longo dos anos, o local foi sofrendo um processo de esvaziamento e abandono (MOURA, 2022).

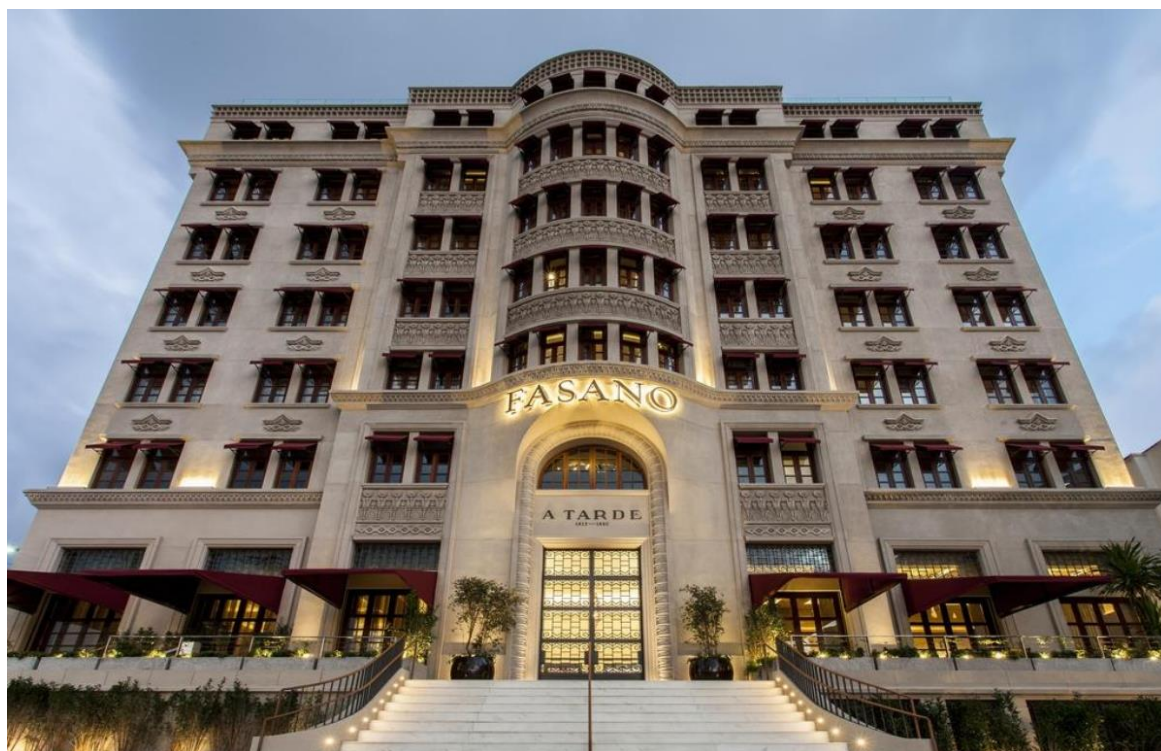


Figura 2.4 – Hotel Fasano
Fonte: INBEC, 2021

Em 2015, contudo, foram iniciados os processos de adaptação para receber a rede hoteleira Fasano. O projeto envolveu:

- Reforço estrutural;
- Modernização dos sistemas internos;
- Inclusão de sistema de tratamento acústico aplicado nas janelas e portas;
- Restauração das fachadas e de outros elementos que tiveram seus aspectos históricos descaracterizados pelos anos de mal uso e abandono.

2.4.3 Edifício Martinelli, no Centro Histórico de São Paulo

O projeto retrofit do Edifício Martinelli (Figura 2.5), realizado em 2014 e assinado por Paulo Lisboa, teve a missão de revitalizar o primeiro arranha-céu da cidade de São Paulo (SARTORELI; CORTESE, 2017). A edificação, que havia sido construída em 1929 e tombada pelo patrimônio histórico, tornou-se a Secretaria Municipal de Licenciamento.

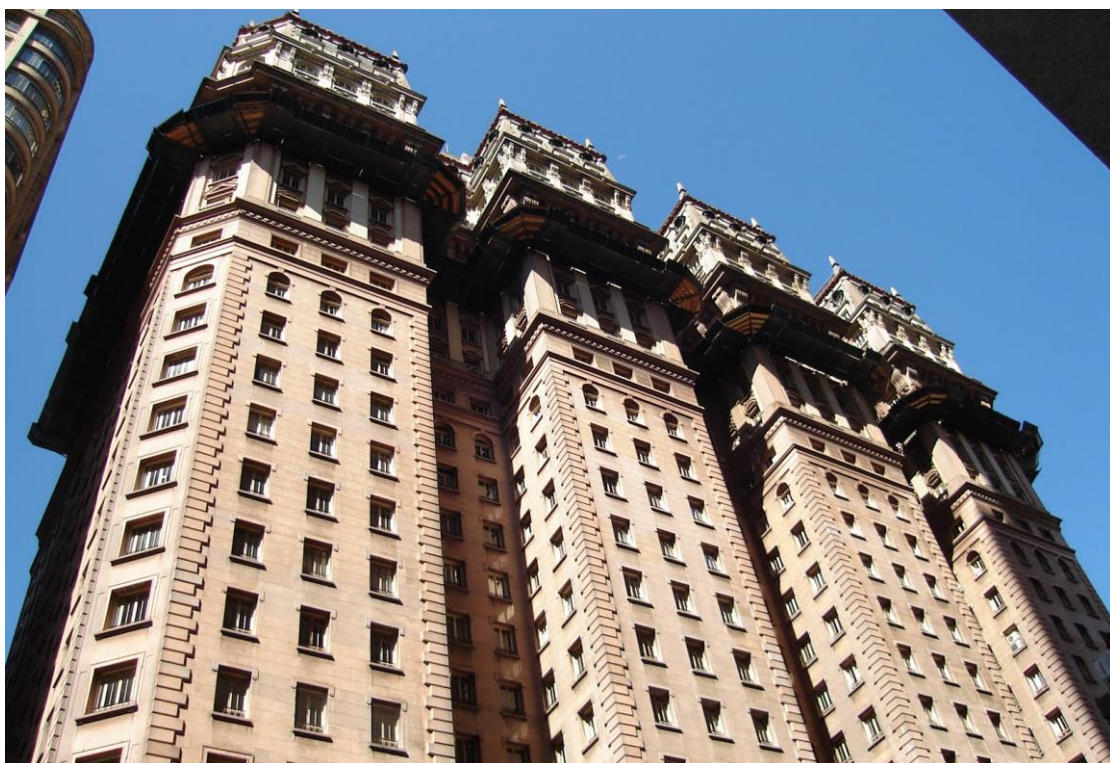


Figura 2.5 – Edifício Martelli
Fonte: COELHO, 2021

Assim, as adequações tiveram como foco a adaptação do edifício para o estilo de trabalho atual. O desafio principal foi trazer soluções modernas em contraste com a historicidade de um edifício tombado. Para tanto, dentre as melhorias, o Edifício Martinelli passou por modificações como:

- Criação de espaços integrados;
- Atualização do sistema de climatização;
- Instalação de estrutura de cabeamento para informatização;

- Qualificação dos pavimentos;
- Novo sistema de iluminação de forma a melhorar a iluminação dos locais de trabalho.

2.4.4 Edifício Galeria, no Centro do Rio de Janeiro

A empresa Tishman Speyer, responsável pelo projeto de retrofit do Edifício Galeria (Figura 2.6), realizou o processo de restauração e modernização de 2009 a 2011. A construção, que era da década de 1930, foi amplamente revitalizada, trazendo novas instalações na parte elétrica, hidráulica e de telecomunicações (COELHO, 2021).



Figura 2.6 – Edifício Galeria
Fonte: COELHO, 2021

Com o objetivo era possibilitar a instalação de grandes empresas, o projeto buscou manter a herança cultural e histórica da construção, trazendo ao mesmo tempo modernização do espaço físico e das instalações para atender as demandas atuais.

Assim, o processo de revitalização do Edifício Galeria contou com:



- Reforço das fundações e estruturas;
- Restauração das fachadas;
- Reestruturação da parte elétrica com aplicação de novas tecnologias;
- Implantação de tecnologias de ponta, como elevadores modernos, sistema eficiente de ar-condicionado, acesso para pessoas com deficiência e sistemas robustos de segurança.



3 MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO E DEFINIÇÃO DE AÇÕES

3.1 Métodos de investigação *in loco*

Como já demonstrado em tópicos anteriores, o projeto de *retrofit* envolve diversos aspectos importantes, uma vez que trata de reformas de edificações históricas que visam a preservação do patrimônio edificado incrustado de aspectos culturais. Nas palavras de Mesquita *et al.* (2016): em termos gerais, construções históricas (CH) podem ser definidas como um grupo de construções que sendo fator de identidade de um povo, apresentam um substancial valor cultural para a sociedade” e, também,

“estudar as CH é interessante não só como contribuição direta para a valorização e preservação da memória de uma determinada sociedade, como também permite o desenvolvimento de técnicas de reabilitação para estas construções que, quando eficazmente aplicadas, permitem a recolocação destas construções como parte ativa em suas comunidades” (MESQUITA *et al.*, 2016).

Assim sendo, é de extrema importância a proposição de metodologias de investigação para a determinação dos materiais utilizados na construção de edificações históricas. De acordo com Cintra (2019),

“a análise estrutural de construções históricas coloca desafios importantes à engenharia por causa da complexidade geométrica, da variabilidade das propriedades dos materiais constituintes, das diferentes técnicas de construção, da falta de conhecimento sobre os danos existentes a partir das ações que afetaram as construções ao longo da sua vida, e pela falta de normatização aplicável” (CINTRA, 2019),

além de haver “restrições na inspeção e na extração de amostras de materiais em edifícios históricos” (CINTRA, 2019) devido a necessidade da preservação de elementos arquitetônicos característicos.



Além disso, a heterogeneidade dos materiais utilizados nas construções históricas é um fator que dificulta o conhecimento de suas propriedades físicas e mecânicas. Com isso, a segurança estrutural da edificação e dos seus usuários e a integridade de bens valiosos integrados a ela ficam comprometidos, podendo conduzir a demolição de monumentos arquitetônicos com estruturas íntegras (CINTRA, 2019).

A seguir, são apresentadas metodologias investigativas que podem ser realizadas *in loco* para a obtenção de dados acerca da estrutura e das instalações do Palacete objeto da pesquisa. Cabe ressaltar, que devido à dificuldade de obtenção dos instrumentos para a realização dos ensaios e do tempo disponível para realização do presente trabalho, a abordagem adotada é teórica, com o objetivo de sugerir as possíveis metodologias a serem aplicadas a referida edificação.

3.1.1 Estrutural

Mesquita *et al.* (2016) apresentam em seu trabalho diretrizes gerais para a metodologia de avaliação estrutural em edificações históricas. A metodologia investigativa tem quatro etapas fundamentais:

- i. Análise documental: é a etapa na qual se analisa os documentos disponíveis acerca da edificação, de maneira a iniciar a investigação estrutural. Um dos principais objetivos é obter o histórico da estrutura, que contém informações acerca da idade da construção, dimensões dos elementos estruturais, modificações sofridas ao longo do tempo, caracterização das intervenções e das manutenções realizadas etc.
- ii. Caracterização estrutural: consiste em recolher informações específicas e características da edificação consideradas importantes para a análise estrutural. Nesta etapa, o principal é a coleta de dados acerca do funcionamento do sistema estrutural da edificação e suas propriedades física e mecânicas. Podem ser realizados ensaios



estáticos ou dinâmicos, priorizando os métodos de ensaio não destrutivos. Essa etapa é composta pela caracterização geométrica, pela caracterização dos danos e pela caracterização dos materiais dos elementos estruturais.

- iii. Diagnóstico: é o momento no qual os dados coletados nas etapas anteriores são analisados. A análise estrutural pode ser realizada através de auxílio de modelagens numéricas que representam o comportamento real do material. Dentre as metodologias de análise estrutural em edificações históricas, destaca-se da literatura disponível a modelagem a partir de elementos finitos.
- iv. Adoção de medidas de intervenção: por último, com o resultado obtido na etapa de diagnóstico, identifica-se qual a melhor estratégia a ser adotada. Nessa etapa, é importante analisar a compatibilidade entre a solução de intervenção adotada e as características originais da edificação, garantindo que sejam similares para a obtenção de melhores resultados estruturais.

Serão abordados, de forma teórica, métodos de investigação *in loco*, não destrutivos, que podem ser utilizados na etapa (ii) da metodologia de investigação proposta por Mesquita *et al* (2016).

Nesse passo, vale trazer à baila o trabalho realizado por Cintra (2019) no Theatro Municipal do Rio de Janeiro (TMRJ). Neste trabalho, Cintra realiza ensaios não destrutivos para coletar dados acerca das estruturas das cascas de alvenaria que compõem as cúpulas da edificação. Sugere-se que seja adotada a mesma linha de investigações devido à similaridade entre o TMRJ e o Palacete que será sede da Faculdade Osorio.

Ambas as edificações são do início do século XX, de arquitetura eclética inspirada na urbanização francesa. Tanto as cascas das cúpulas do TMRJ quanto o Palacete foram construídas em alvenaria, com blocos cerâmicos maciços.

Foi proposto por Cintra (2019) para a investigação das cascas em alvenaria do TMRJ a aplicação dos seguintes ensaios não destrutivos: ensaio de fotogrametria, ensaio de termografia infravermelha, pacometria, esclerometria, ultrassom e ensaio de macaco plano duplo. Os resultados obtidos foram tratados de maneira conjunta, de forma a aumentar a precisão das análises.

3.1.1.1 Ensaio de fotogrametria

A fotogrametria é uma técnica que tem como objetivo principal a reprodução tridimensional da superfície de elementos. As imagens são obtidas em alta definição, permitindo a detecção de desníveis e descontinuidades em elementos com formas complexas. A partir dos dados obtidos, é possível extrair nuvem de pontos que representa a superfície analisada (CINTRA, 2019).

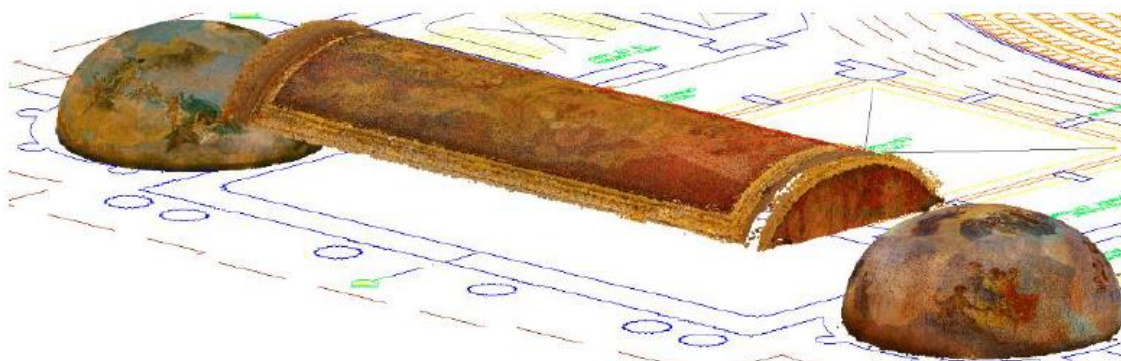


Figura 3.1 - Nuvem de pontos obtida no TMRJ
Fonte: Cintra (2019)

3.1.1.2 Ensaio de termografia infravermelha

O ensaio de termografia infravermelha tem o objetivo de identificar características construtivas, fissuras e pontos de infiltração existentes nos elementos construtivos. O resultado consiste em captar a variação de calor entre os materiais do elemento analisado através de imagens infravermelhas. Pode ser realizado de maneira ativa ou passiva. No

primeiro, aquece-se o elemento por meio de fontes de calor artificiais e no segundo, utiliza-se o calor do ambiente, ou seja, natural do meio, para realizar o ensaio (CINTRA, 2019). De acordo com Cortizo (2007) *apud* Cintra (2019), o ensaio ativo pode acelerar o processo de degradação de obras de arte que constituem a superfície da estrutura analisada devido a incidência artificial do calor sobre esses elementos.

De acordo com o trabalho realizado por Cintra (2019) no TMRJ, no qual as cascas são de alvenaria e foram reforçadas externamente em 1976 com uma camada de concreto armado, resta evidente que o ensaio é mais bem aplicado em situações nas quais o material é heterogêneo, como é o caso da alvenaria, uma vez que seus materiais constituintes têm diferentes capacidades de transferência de calor. Dessa maneira, pode-se determinar as dimensões dos blocos de alvenaria utilizados e identificar locais onde a estrutura foi fragilizada ao longo do tempo com a substituição do material original por outros materiais, que podem não aderir de maneira ideal à estrutura, prejudicando o desempenho estrutural da edificação.

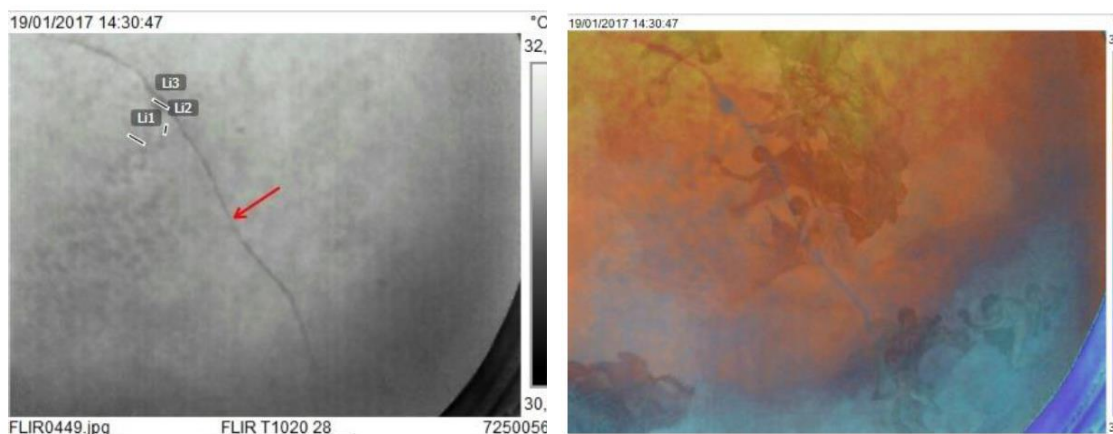


Figura 3.2 – Termografia infravermelha obtida na cúpula da Av. Rio Branco do TMRJ.
Fonte: Cintra (2019)

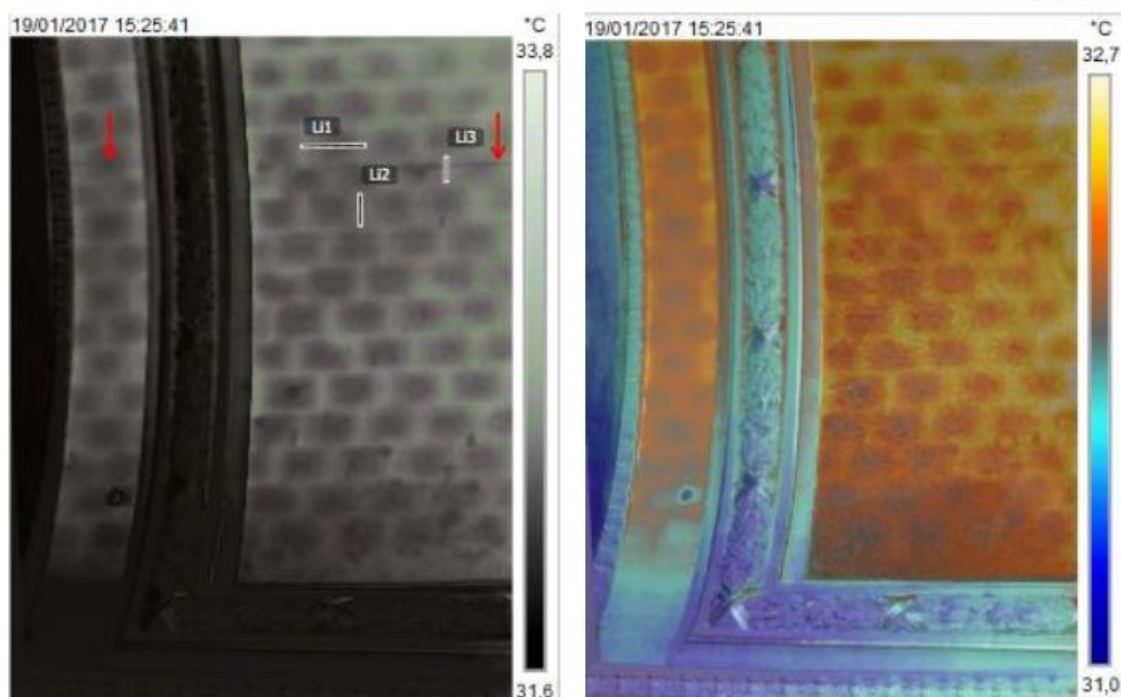


Figura 3.3 – Termografia infravermelha obtida na abóbada do *foyer* do TMRJ
Fonte: Cintra (2019)

O ensaio de termografia infravermelha é normatizado no Brasil pela ABNT segundo a norma NBR 16818:2020 (ABNT, 2020).

3.1.1.3 Pacometria

O ensaio de pacometria é um ensaio no qual uma corrente de Foucault (também conhecida por corrente parasita ou ainda corrente de fuga; e em inglês por *eddy current*) é induzida para gerar um campo eletromagnético que é afetado por qualquer metal condutor (BUNDEY *et al.*, 2006 *apud* CINTRA, 2019). O objetivo é encontrar informações acerca dos elementos metálicos que constituem a estrutura em análise, como a posição, o espaçamento e o diâmetro das barras utilizadas no concreto armado (CINTRA, 2019).

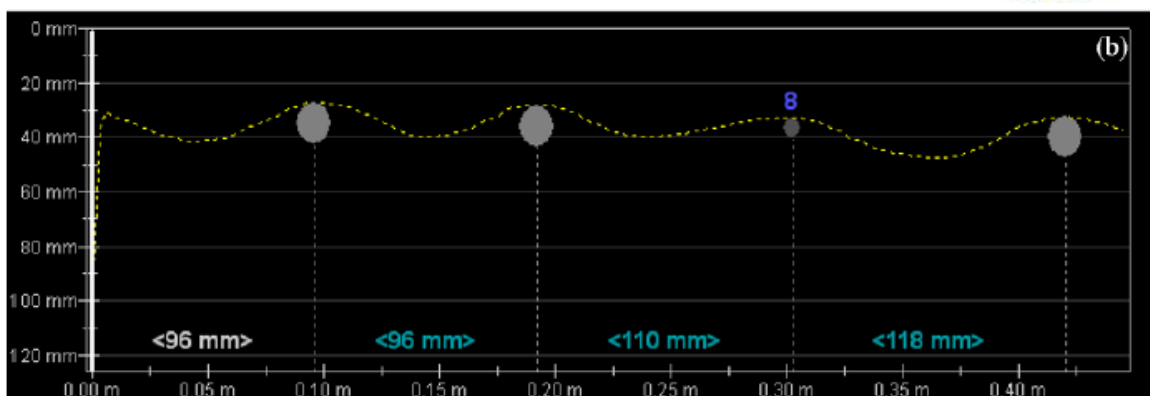


Figura 3.4 – Resultado do ensaio na abóbada do *foyer* do TMRJ, mostrando a posição das barras de aço.

Fonte: Cintra (2019)

3.1.1.4 Esclerometria

O ensaio de esclerometria tem como objetivo estimar a dureza superficial do elemento estrutural em estudo. Através deste ensaio, é possível analisar a qualidade dos materiais através da medição da energia do impacto do instrumento sobre a superfície do elemento. É ideal que sejam realizados ensaios destrutivos em amostras do próprio elemento para calibrar os resultados e obter com maior precisão a resistência do material (CINTRA, 2019). Entretanto, mesmo que não seja possível a realização de ensaios destrutivos em corpos de prova oriundos da estrutura em análise, é possível analisar, pelos resultados obtidos, se a estrutura está respondendo de maneira homogênea ou se existe uma área que esteja com menor desempenho estrutural.

O ensaio de esclerometria é normatizado no Brasil pela ABNT segundo a norma NBR 7584:2012 (ABNT, 2012).



Figura 3.5 – Realização do ensaio de esclerometria no TMRJ.
Fonte: Cintra (2019)

3.1.1.5 Ensaio de ultrassom

O objetivo do ensaio de ultrassom é avaliar a qualidade dos materiais em análise, podendo estimar suas propriedades mecânicas. O ensaio é realizado através da obtenção das velocidades de propagação de ondas ultrassônicas nos elementos estruturais em estudo. Para sua realização, pode-se adotar os procedimentos contidos na ABNT NBR 8802 – Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica (ABNT, 2019). Entretanto, no caso em estudo, tendo ciência de que as paredes do Palacete são em blocos de alvenaria, é necessário levar em consideração que o material possui maior porosidade e descontinuidade nas juntas preenchidas com argamassa, o que influenciará nos resultados (CINTRA, 2019).

Através dos resultados obtidos, pode-se estimar o módulo de elasticidade do material em análise. É importante saber que o cálculo é realizado considerando meio isotrópico elástico e homogêneo de dimensões infinitas, o que não ocorre na alvenaria.

Sendo assim, o resultado do ensaio é um valor que pode ser tomado como parâmetro durante a análise estrutural, mas deve ser utilizado de maneira cautelosa (CINTRA, 2019).

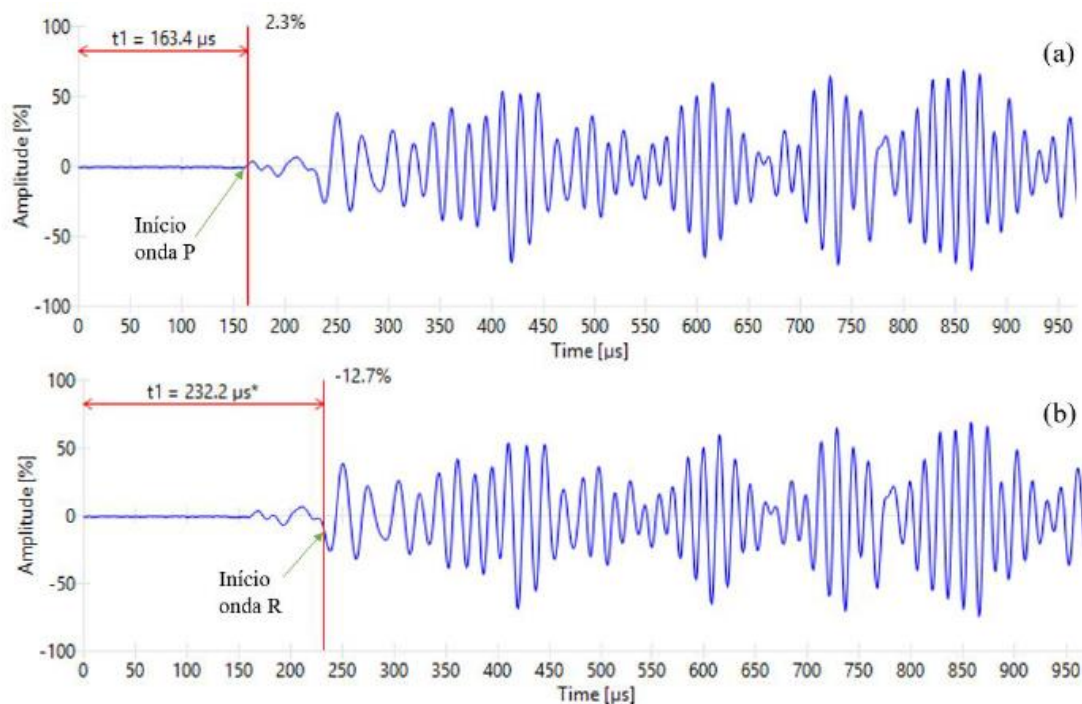


Figura 3.6 – Formas de onda obtidas pelo ensaio de ultrassom no TMRJ.

Fonte: Cintra (2019)

O ensaio de ultrassom é normatizado no Brasil pela ANBT segundo a norma NBR 16805:2020 (ABNT, 2020).

3.1.1.6 Ensaio de macaco plano

O objetivo deste ensaio é estimar o módulo de elasticidade e a tensão admissível à compressão suportada pela parede de alvenaria. É um ensaio considerado não destrutivo, mas existe a necessidade de demolição do reboco e da junta argamassada entre os blocos de alvenaria, de maneira pontual, para instrumentação da parede. No caso de paredes com mais de uma camada de blocos, é possível ensaiar apenas as camadas mais externas (CINTRA, 2019).



O ensaio consiste na inserção de dois macacos planos entre blocos da alvenaria. Esses macacos são inflados de maneira hidráulica com incrementos de pressão regulares de 0,5 MPa. Os deslocamentos dos blocos da região comprimida são obtidos por meio de relógios comparadores (extensores). A pressão registrada quando do aparecimento das primeiras fissuras visíveis é registrada como sendo a pressão de resistência dos elementos analisados (CINTRA, 2019). Em seu estudo no TMRJ, Cintra (2019) obteve que a resistência das alvenarias está em torno de 4,8 MPa. Não existe na literatura valores de referência de resistências de alvenarias de edificações históricas do início do século XX, entretanto, em comparação com os resultados disponíveis em ensaios realizados em edifícios europeus construídos na mesma época, existe similaridade entre os valores obtidos. Cintra (2019) também expõe que o ensaio foi realizado até a pressão máxima do instrumento, equivalente a pressão resistida pela alvenaria de 6,0 MPa. Nesse momento, foram notadas outras fissuras visíveis, mas de acordo com as suas análises dos resultados obtidos, o material ainda não teria atingido a região de tensão correspondente ao comportamento plástico.



Figura 3.7 –Realização do ensaio de macaco plano duplo no TMRJ.

Fonte: Cintra (2019)

3.1.1.7 Método de retroanálise estrutural

A realização de análise estrutural em edificações históricas é passível de ser realizada a partir da metodologia de retroanálise. Em muitos casos, no momento da construção de uma edificação histórica, não existiam normas técnicas vigentes, sendo a construção realizada baseada na experiência do construtor. A metodologia de retroanálise estrutural consiste na verificação da estrutura de acordo com as normas vigentes no momento da verificação (MONTEIRO; CONCEIÇÃO, 2021). A retroanálise, em contrapartida do sistema de análise, consiste na resolução dos problemas estruturais a partir dos dados observados em campo (ECHEVERRIA, 2005).



3.1.2 Instalações prediais

Para garantir o correto funcionamento e segurança das instalações prediais é necessária a realização de ensaios de verificação que, além de viabilizar o diagnóstico preciso de possíveis patologias, ainda fornecem um panorama do estado de conservação das instalações.

Em obras de *retrofit* ou reformas em edifícios antigos, a realização desses ensaios se torna indispensável. Os elementos dos sistemas hidrossanitários, por exemplo, devem ser verificados de forma a garantir que a vazão fornecida e as dimensões do sistema estão de acordo com as normas vigentes. É necessário também verificar a condição do sistema como um todo, identificando possíveis fontes de perdas de vazão e, no caso da corrosão de tubulações hidráulicas, fontes de contaminação da água.

A inspeção de componentes elétricos também é fundamental para assegurar o correto funcionamento das instalações e para fazer a prevenção de eventuais acidentes. Os pontos primordiais a serem vistoriados são as condições gerais da fiação existente e sua capacidade de condução: se a seção do condutor condiz com a corrente do circuito alimentado; a existência e localização de emendas e isolações danificadas; se dispositivos de proteção correspondem ao valor de proteção necessária ao circuito; e a substituição de fusíveis por disjuntores termomagnéticos e dispositivos diferenciais residuais. Também é necessário verificar se os eletrodutos existentes permitem passagem ou substituição de novos condutores, ou se vai ser preciso trocá-lo.

3.1.2.1 Serviços nos sistemas hidrossanitário e de águas pluviais

Os serviços nos sistemas hidrossanitário e de águas pluviais têm como objetivo a identificação de focos de desperdício, pontos de vazamento e outros procedimentos que podem ser realizados no intuito de otimizar os sistemas e reduzir a conta de água.



Alguns procedimentos técnicos realizados comumente são: teste pressostático; teste de estanqueidade; vídeo inspeção; inspeção por ultrassom; teste de fluxo d'água; termografia; teste com traçador químico; pressurização com gás, entre outros.

A seguir são apresentados em mais detalhes os ensaios principais e mais complexos entre aqueles citados anteriormente.

- Vídeo inspeção de redes

Um dos métodos mais eficientes na realização do mapeamento e cadastramento de tubulações é a vídeo inspeção. Esse método possibilita a visualização dos ramais e permite a obtenção de imagens nítidas do interior da tubulação, ou seja, é possível visualizar detalhes, como junções, conexões, chegadas de ramais e ligações. É possível também identificar e analisar outros componentes do sistema hidrossanitário, como caixas de inspeção, caixas de passagem, poços de visita, bocas de lobo inclusive encobertas por piso ou pavimento. Além de viabilizar o diagnóstico preciso de possíveis problemas e a obtenção de um panorama do estado de conservação (PINTO, 2017).

Após a realização da inspeção, as imagens são submetidas a uma rigorosa análise técnica, na qual toda a tubulação pode ser mapeada e todos os principais pontos de interesse são diagnosticados. Como resultado, é emitido um relatório técnico contendo imagens detalhadas de todos estes eventos, além de possíveis soluções para os problemas encontrados. Juntamente ao relatório, uma atualização de planta ou croqui é emitido contendo mapeamento de tubulações que foram encontradas durante a realização do diagnóstico (VIDEOINSPEÇÃO, 2022).

O mapeamento de tubulações enterradas através de vídeo inspeção pode ser realizado em redes de águas pluviais, efluentes industriais, rede de esgoto, água servida, dutos de ventilação e/ou ar-condicionado, *shafts*, fossas, galerias, complexos de filtração,

dentre outros. Os equipamentos empregados neste processo geralmente compreendem robôs ou câmeras endoscópicas específicas para filmagem intratubular (Figura 3.8).



Figura 3.8 – Procedimento de vídeo inspeção. (a) ilustração do funcionamento e (b) profissional executando o ensaio.

Fontes: (a) HIDROCENTER, 2017; (b) DCS, 2020

- Inspeção por ultrassom

O ultrassom em tubulações é um procedimento comumente realizado para a verificação da qualidade de tubos, podendo encontrar eventuais falhas, descontinuidades, corrosão entre outros. O teste é considerado um ensaio não destrutivo, onde o feixe de ultrassom é introduzido no material. Assim, é possível a verificação de descontinuidades no interior de peças metálicas, plásticas e cerâmicas e a medição da espessura dessas tubulações (UTMAAX, 2022). Contudo, trata-se de um procedimento cuja interpretação de resultados é extremamente difícil e, portanto, necessita de profissionais com formação específica.



Figura 3.9 – Ultrassom em tubulações.
Fonte: UTMAAX, 2022

- Inspeção por termografia

Outro método eficaz para inspeção das instalações prediais sem a necessidade de intervenções na estrutura é a termografia, conhecida também como análise termográfica. A termografia infravermelha é a ciência de aquisição e análise de informações térmicas a partir de dispositivos de obtenção de imagens térmicas sem contato. Esse método pode ser utilizado para o monitoramento de condições de elementos e sistemas: hidrossanitários, elétricos, estruturais, mecânicos entre outros.

Devido a praticidade do ensaio, termogramas são comumente utilizados na inspeção de instalações hidrossanitárias. Estes, muitas vezes, possuem uma longa extensão, complexa acessibilidade e uma grande área superficial, o que dificulta a avaliação completa de sua dimensão. Porém, através de variações de temperatura nas

paredes e isolamentos de linhas de tubulação é possível identificar diversos problemas provenientes de falhas de projeto, execução, uso e manutenção (ROMUTECH, 2022), como mostra a Figura 3.10.

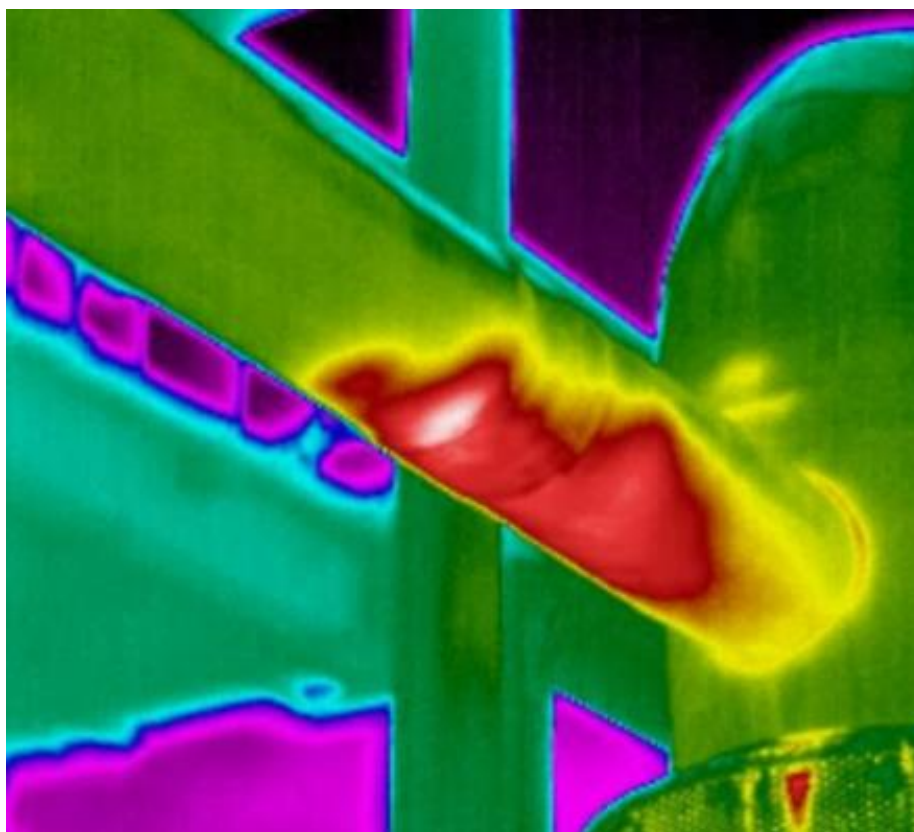


Figura 3.10 – Inspeção por termografia em instalações hidrossanitárias.
Fonte: ROMUTECH, 2022.

3.1.2.2 Serviços no sistema elétrico

Os serviços realizados nos sistemas elétricos têm como pontos focais: (i) avaliação da documentação – deve-se verificar a compatibilidade entre a documentação e com o que de fato foi construído, *as-built*; (ii) inspeção visual – deve-se verificar visualmente a integridade dos componentes, proteções contra choque elétrico, efeitos térmicos, tipos de linhas, separação de circuitos, conformidade e identificação dos componentes; (iii) realização de ensaios – executando os ensaios é possível garantir a confiabilidade dos componentes e da instalação como um todo (FLUKE, 2020).



Alguns ensaios que podem ser realizados são: continuidade dos condutores, incluindo proteção e equipotencialização; resistência de isolamento da instalação; seccionamento automático da alimentação; tensão aplicada; inspeção por ultrassom; inspeção por termografia; ensaio de funcionamento, entre outros.

A verificação final não só contribui para que as instalações elétricas estejam adequadas para o uso, como garante a segurança, conforto e qualidade aos profissionais e usuários. A seguir são apresentados em mais detalhes os ensaios principais entre os apresentados.

- Inspeção por ultrassom

Essa tecnologia também pode ser aplicada na análise de instalações elétricas. O ultrassom nesse contexto tem como objetivo identificar falhas que possam prejudicar a rede elétrica da edificação. A verificação pode ser realizada em transformadores, painéis, motores, geradores, cabos e terminações, barramentos, relés, disjuntores, muflas/terminações, caixas de passagem, subestações, entre outros.

Nesse ensaio são identificadas falhas elétricas devido ao efeito corona (resultado do contato de um campo elétrico intenso e elevado com partículas de ar, umidade ou poeira) e às descargas parciais (pequenas descargas elétricas que evidenciam uma fragilidade do material isolante). A medição desses efeitos é essencial para o diagnóstico do estado da rede elétrica e para evitar intervenções destrutivas desnecessárias.



Figura 3.11 – Inspeção elétrica com ultrassom
Fonte: HOTTEC, 2022

- Inspeção por termografia

Quando aplicados ao monitoramento e inspeção de instalações elétricas, os ensaios de termografia têm a capacidade de identificar, de maneira ágil, pontos de aquecimento, viabilizando uma intervenção precoce e diminuindo riscos de incêndios, acidentes, paradas de produção etc. A Figura 3.12 mostra a realização de uma inspeção por termografia.

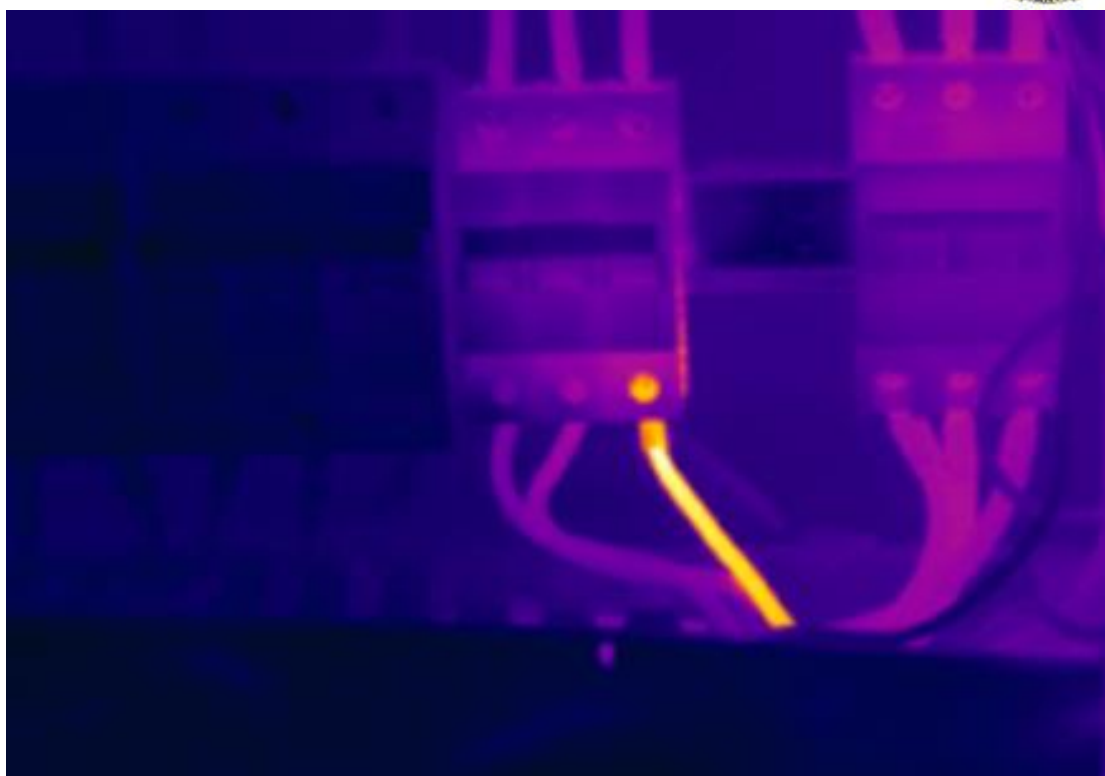


Figura 3.12 – Inspeção por termografia em instalações elétricas.

Fonte: ROMUTECH, 2022.

3.2 Análise do escopo e definição de ações

Devido às crescentes limitações no uso do solo e à conscientização das preocupações com a sustentabilidade, o mercado de *retrofit* de edifícios tem vivenciado oportunidades crescentes em todo o mundo. Várias opções tecnológicas e construtivas estão disponíveis para melhorar a eficiência energética e a qualidade ambiental interna dos edifícios. A identificação das opções de *retrofit* mais adequadas é um tema de grande importância devido aos potenciais custos e impactos envolvidos (ASADI *et al.*, 2012).

Assim, a depender do objetivo definido para o projeto, as alternativas mais adequadas devem ser selecionadas. Para isso, pesquisadores como Kaklauskas *et al.* (2020), Allane (2019), Kim *et al.* (2016), Diakaki *et al.* (2020) e Asadi *et al.* (2012) desenvolveram métodos complexos de análise multicritério para reformas de edifícios, determinando a importância, prioridades e grau de utilidade das alternativas de reforma e



selecionando a variante mais recomendada. O problema enfrentado pelo projetista neste tipo de trabalho é de fato um problema de otimização, com múltiplas soluções viáveis de acordo com o eixo de avaliação, no entanto, pode-se também simplificar a abordagem adotando, por exemplo, ferramentas estratégicas de tomada de decisão, como a Matriz GUT, a análise SWOT, e a Matriz de decisão.

A Matriz GUT é uma ferramenta de priorização de processos, classificando os problemas em 3 categorias: Gravidade, Urgência e Tendência (CHAVES NETE *et al.* 2018). Já a análise SWOT, facilita a visualização de características internas e externas, pontos fortes e fracos do cenário atual e auxilia na definição de cenários futuros e na tomada de decisões (DYSON, 2004). Por fim, a Matriz de Decisão avalia e prioriza uma lista de alternativas, analisando-as por critérios definidos previamente, que visam identificar pontos fortes e fracos de cada alternativa (MATHIAS, 2018; ASQ, 2022). Como ferramenta de apoio à decisão das alternativas de atividades que comporão o escopo, será desenvolvida um modelo básico de Matriz de Decisão.

Para isso, será seguido o seguinte procedimento definidor por AQS (2022):

1. Realizar um *brainstorming* dos critérios de avaliação apropriados para a situação, se possível envolvendo os clientes neste processo.
2. Discutir e refinar a lista de critérios. Identificar os critérios que devem ser incluídos e os que não devem ser incluídos. Reduzir a lista de critérios para aqueles que a equipe acredita serem os mais importantes. Ferramentas como redução de lista e votação múltipla podem ser úteis.
3. Atribuir um peso relativo a cada critério, com base na importância desse critério para a situação.



4. Desenhar uma matriz em forma de L. Escrever os critérios e seus pesos como rótulos em uma borda e a lista de opções na outra borda.
5. Avaliar cada escolha em relação aos critérios. Existem três formas de fazer isso:
 - Método 1: Estabelecer uma escala de classificação para cada critério, como 1, 2, 3 (1 = baixo, 2 = médio, 3 = alto).
 - Método 2: Para cada critério, classificar todas as opções de acordo com o quão bem cada uma atende ao critério. Numerá-las, sendo 1 a opção menos desejável de acordo com aquele critério.
 - Método 3 (Matriz de Pugh): Estabelecer uma linha de base, que pode ser uma das alternativas ou o produto ou serviço atual. Para cada critério, avaliar cada alternativa em comparação com a linha de base, usando pontuações de pior (-1), igual (0) ou melhor (+1). Podem ser usadas escalas de classificação mais finas, como 2, 1, 0, -1, -2 para uma escala de cinco pontos ou 3, 2, 1, 0, -1, -2, -3 para uma escala de sete pontos. Novamente, certifica-se de que os números positivos reflitam classificações desejáveis.
6. Multiplicar a classificação de cada opção pelo peso. Adicionar os pontos para cada opção. A opção com a pontuação mais alta não será necessariamente a escolhida, mas as pontuações relativas podem gerar uma discussão significativa e levar a equipe ao consenso.



4 ESTUDO DE CASO: LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES

4.1 A herança de Francisca Osorio Mascarenhas

Francisca Osorio Mascarenhas nasceu em Pelotas, Rio Grande do Sul, em 4 de outubro de 1882. É filha de Cipriano da França Mascarenhas e Marcela Luiza Osorio Mascarenhas (REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL - ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 1975) e neta de Manuel Luís Osório, Marechal do Exército Brasileiro (EB) que viveu de 1808 a 1879, atual Patrono da Cavalaria do EB.

Durante as comemorações do centenário do nascimento do Marechal Osório, em 1907, foi criado o projeto de uma instituição de ensino em sua homenagem, cujo objetivo era custear os estudos de meninas órfãs de militares. Com esse ideal, a Fundação Osorio foi fundada em 1º de junho de 1921 pelo Decreto nº 14856, assinado pelo Presidente da República à época, Epitácio Pessoa (FUNDAÇÃO OSORIO, 2022).

Dessa maneira, acompanhando e apoiando os trabalhos realizados pela Fundação Osorio durante a vida, em 06 de agosto de 1975, Francisca Osorio Mascarenhas através de Guido Antonio Couto Maciel, tabelião do 23º ofício de Notas, lavrou Escritura de Testamento Público, na qual a Sra. Francisca afirmou que não tinha herdeiros necessários e, que por livre vontade, deixava o Palacete onde vive, na Rua São Clemente nº175, à Fundação Osorio (Legatária), deixando claro seu desejo de que

4º) [...] a legatária deverá desenvolver suas atividades educacionais e instalar nela uma faculdade, ou seja, um estabelecimento de ensino superior, destinado exclusivamente, a filha de militares, faculdade esta que será a nominada “FACULDADE OSORIO”,” (REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL - ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 1975),

além de declarar,

6º) - que deixa ainda, para a mesma Fundação Osorio, todos os quadros, moveis, pertences e utensílios que guarnecem a mesma casa da Rua São Clemente nº175, devendo a Legatária manter a mesma aparência interna que o imóvel tem hoje” (REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL - ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 1975).

As Figuras 4.1 e 4.2 apresentam as vistas externas principais do Palacete de Francisca Osorio atualmente.



Figura 4.1 – Fachada frontal do Palacete



Figura 4.2 – Fachada dos fundos do Palacete



Francisca Osorio Mascarenhas tem o óbito registrado em 20 de junho de 1976, às 09:00h, aos 93 anos, conforme Certidão de Óbito nº 2199, acostada à folha 263 do livro nº 385 de registro de óbitos do Registro Civil das Pessoas Naturais da 8ª Circunscrição 4ª Zona, Freguesia do Engenho Velho da Cidade do Rio de Janeiro. Conforme documento arquivado no patrimônio da Fundação Osorio, em 02 de maio de 1978, sendo a referida Instituição citada como Legatária e sendo o seu Presidente o Sr. Carlos Cezar Guterres Taveira,

foi feita a entrega efetiva à Legatária, na pessoa de seu Presidente, do imóvel número 175 da Rua São Clemente, passando ao mesmo todas as chaves do citado imóvel, e imitando-o na posse do mesmo, a ainda foi feita a entrega efetiva de todos os móveis e utensílios, objetos e peças de arte que guarnecem a aludida casa” (TERMO DE ENTREGA, RECEBIMENTO E QUITAÇÃO DE BENS DO ESPÓLIO DE FRANCISCA OSORIO MASCARENHAS, 1978).

4.2 O Palacete e a motivação para o projeto de *retrofit*

Do supracitado documento de Escritura Pública, se extrai a necessidade de conservar o Palacete com suas características originais e adaptá-lo para a instalação de uma instituição de ensino superior, o que, do ponto de vista técnico de Engenharia, caracteriza mudança da função estrutural para qual o Palacete foi construído e que, por certo, ocasiona na mudança da dinâmica das cargas resistidas. Assim, visando (i) a segurança e integridade da estrutura, (ii) a modernização de suas instalações para atendimento das legislações correntes, (iii) a obtenção de melhor eficiência energética e (iv) a preservação de suas características originais, entende-se que a melhor opção é a execução de projeto de *retrofit* do imóvel.

O Palacete em estudo foi construído a pedido de Francisca Osorio Mascarenhas e teve a obra concluída em 1926. O projeto foi idealizado pelo Arquiteto G. Marmorat e é



caracterizado pelo estilo neoclássico. Também existem no Palacete traços da arquitetura grega e romana, com a presença de colunas ornamentais, brasões, alizares e boiseries.

Nessa época, o bairro de Botafogo abrigava, em sua maioria, a aristocracia carioca e passava por intenso processo de urbanização e ocupação. Entre a segunda metade do século XIX e a primeira metade do século XX, a infraestrutura de Botafogo passou a receber serviços públicos básicos, como abastecimento de água, gás e iluminação e transporte público (CAMINHA, 2013).

Através de informações prestadas informalmente por funcionários da Administração e do Gabinete da Presidência da Fundação Osorio, pode-se obter algumas informações. Após a morte de Francisca Osorio Mascarenhas e a posse do imóvel pela Fundação Osorio, este ficou muitos anos sem utilização até que foi alugado para instalação da sede de uma empresa, fato que se estima que ocorreu na primeira década do século XXI. Logo em seguida, voltou a ser inutilizado até 2020, quando foi ocupado por curadores do evento Casa Rio de Design, evento previsto para acontecer no Palacete em julho de 2021, mas que ocorreu somente em julho/2022 devido a pandemia da Covid-19.

Muito da história do Palacete se perdeu nas mudanças da Administração da Fundação Osorio, principalmente no que tange a reformas e modificações realizadas. O Palacete permaneceu muitos anos abandonado até que a atual Presidência, que assumiu a escola em 2012, tomou ciência de sua existência por volta de 2017 e passou a realizar a manutenção básica para sua conservação. O único registro de reforma que existe nos arquivos da escola é um projeto de restauração e revitalização, assinado pela Arquiteta Ana Lucia Soares Texeira Mota.

Vale apenas pontuar que, apesar do desejo de Francisca Osorio Mascarenhas, transcrito em seu testamento, de manter preservar as características internas e externas do

Palacete e da sua notada importância histórica para a cidade do Rio de Janeiro, contendo traços arquitetônicos únicos que remetem à urbanização de Botafogo e a características intrínsecas da sociedade à época, a edificação não é tombada em nenhuma das esferas governamentais. Entretanto, em informações prestadas informalmente por funcionários da Fundação Osorio, a possibilidade de solicitar o tombamento da edificação já foi discutida e ainda permanece nos planos futuros da escola.

4.3 O Arquiteto Gabriel Marmorat

O Arquiteto Gabriel Marmorat foi o idealizador do Palacete em estudo, tanto é assim que na fachada principal da edificação existe sua assinatura cravada no reboco, como apresenta a Figura 4.3.



Figura 4.3 – Assinatura do Arquiteto G. Marmorat na fachada no Palacete.

De acordo com Fabel e Cabral (2019), Marmorat provavelmente estudou Arquitetura nos primeiros anos do século XX na *École National de Beaux Arts* de Paris.



Na ocasião, foi aluno de Julien Gaudet, renomado professor de teoria da Arquitetura e criador de teoria homônima. A Teoria de Guadet anuncia que a distribuição do espaço é o objetivo primário do Arquiteto. Sua teoria é a base do movimento modernista no sentido que defende que o mesmo espaço pode ser ocupado de diversas formas, uma vez que distingue os elementos de arquitetura (elementos construtivos) dos elementos de composição (móveis, decoração etc.). Guadet defende que os elementos de arquitetura têm que ser capazes de serem ocupados por elementos de composição de distintas funcionalidades. Tal aspecto é observado no Palacete em estudo, uma vez que todos os ambientes do Palacete são igualmente amplos e podem ser adaptados para diversos fins, fato que, de certa maneira, é valorizado no projeto de *retrofit* que visa atender a necessidade de manter as características internas da edificação.

Também de acordo com Fabel e Cabral (2019), as expressões arquitetônicas de Arquitetos estrangeiros, muito presentes no desenvolvimento do Rio de Janeiro na final do século XIX e início do século XX, foram suprimidas por muitos anos pelas teses de Lúcio Costa, que sufocavam o trabalho de tais de autores. A reanálise da arquitetura brasileira nessa época só passou a ocorrer na década de 1980, após a criação de núcleos de pesquisa da UFRJ e da PUC-Rio, que passaram a produzir trabalhos de releitura das teses de Lúcio Costa, criticando sua posição e dando luz a outras manifestações artísticas do período. Dessa maneira, existe muito pouco publicado sobre o estilo de construção do Arquiteto G. Marmorat na literatura nacional, o que dificulta o entendimento do processo construtivo do Palacete. Imperioso salientar que o conhecimento dos materiais e das técnicas de construção utilizados são de extrema importância para a análise de engenharia do projeto de *retrofit*.



No caso do projeto de *retrofit* em análise, o Palacete foi originalmente concebido para utilização residencial e unifamiliar. Sendo assim, o estudo de cargas para construção e concepção de sua estrutura foi realizado para tal fim. Uma vez que haverá mudança de finalidade da edificação com a instalação de uma faculdade, logicamente o carregamento sofrido será outro. Por exemplo, é de se imaginar que haverá um espaço destinado a instalação de uma biblioteca, situação na qual a sobrecarga adotada é superior a qualquer carga destinada a utilização residencial, conforme extrai-se da NBR 6120:2019 – Ações para o cálculo de estruturas de edificações. De acordo com a Tabela 10 da referida norma técnica, Figuras 4.4 a 4.6, tem-se as seguintes cargas a serem adotadas para edificações residenciais, bibliotecas e escolas e instituições de ensino, sendo na terceira coluna os valores dos referidos carregamentos a serem adotados em kN/m²:

Edifícios residenciais	Dormitórios	1,5	–
	Sala, copa, cozinha	1,5	–
	Sanitários	1,5	–
	Despensa, área de serviço e lavanderia	2	–
	Quadras esportivas	5 ^a	–
	Salão de festas, salão de jogos	3 ^a	–
	Áreas de uso comum	3 ^a	–
	Academia	3 ^a	–
	Forro acessíveis apenas para manutenção e sem estoque de materiais	0,1 ^{a,r}	–
	Sótão	2 ^a	–
	Corredores dentro de unidades autônomas	1,5	–
	Corredores de uso comum	3	–
	Depósitos	3	–
	Áreas técnicas (ver item nesta Tabela)		
	Jardins (ver item nesta Tabela)		

Figura 4.4 – Trecho da Tabela 10 da ABNT NBR 6120:2019 para edificações residenciais

Fonte: ABNT, 2019



Bibliotecas ^a	Sala de leitura (sem estantes)	3	—
	Sala de leitura (com estantes)	4	—
	Sala com estantes de livros ¹	6 kN/m ² para estantes até 2,2 m de altura + 2 kN/m ² por metro de altura de estante que ultrapassar 2,2 m	—
	Regiões de arquivos deslizantes	5	—
	Salas administrativas	2,5	—
	Sanitários	2	—
	Corredores	3	—

Figura 4.5 – Trecho da Tabela 10 da ABNT NBR 6120:2019 para bibliotecas
Fonte: ABNT, 2019

Escolas, instituições de ensino ^a	Auditório com assentos fixos	4	—
	Auditório com assentos móveis	5	—
	Corredor	3	—
	Sala de aula	3	—
	Salas administrativas	2,5	—
	Dormitórios	2,5	—
	Cafés, restaurantes	3	—
	Salão de esportes, academia	5	—
	Salão de danças	5	—
	Sanitários, vestiários	2	—
	Cozinhas	3	—
	Depósitos	5	—
	Laboratórios	3	—
	Regiões de arquivos deslizantes	5	—
	Quadras esportivas	5	—
	Biblioteca (ver item nesta Tabela)		
	Áreas técnicas (ver item nesta Tabela)		

Figura 4.6 – Trecho da Tabela 10 da ABNT NBR 6120:2019 para escolas e instituições de ensino
Fonte: ABNT, 2019

Resta evidente que a mudança de utilização do Palacete causa alteração significativa nas cargas sofridas pela estrutura. Ademais, importante elucidar a alínea “a” da supracitada tabela que diz “redução de cargas variáveis não permitida” (ABNT, 2019), ou seja, além das cargas aplicadas a uma edificação cuja finalidade é a instalação de uma instituição serem maiores que as aplicadas para uma edificação residencial, a norma ainda não permite que tais cargas sejam reduzidas.



5 ESTUDO DE CASO: CONSTATAÇÕES E DEFINIÇÃO DO ESCOPO

Como exposto nos capítulos anteriores, o conhecimento do sistema construtivo é de extrema importância para análise de engenharia que baseia a tomada de decisões em um projeto de reforma, sendo retrofit ou não. De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), define-se como sistema construtivo “um processo construtivo de elevado nível de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrado pelo processo”.

Nos dias atuais, o concreto armado é o sistema construtivo de maior utilização na indústria da construção civil. Entretanto, seu uso só foi popularizado no Brasil no início do século XX. Até esse momento, a alvenaria com paredes autoportantes era o sistema mais utilizado. A utilização da alvenaria para construção de edificações data das antigas civilizações e desde o seu surgimento, a alvenaria era aplicada de maneira empírica, até que no século XX foram desenvolvidas pesquisas que permitiram a normatização do sistema construtivo e sua melhor aplicação (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

Por esse histórico, pela disposição arquitetônica do Palacete, pela espessura das paredes e por fotografias datadas de 2017, há que em maior probabilidade o Palacete em estudo tenha sido construído em alvenaria com paredes autoportantes. O Palacete teve sua construção concluída em 1926, sem saber ao certo quando se deu o início da construção e sua concepção projetual. De todo modo, tendo em vista o poder aquisitivo de seus proprietários, estima-se que sua idealização e construção se deu dentro dos anos 1920. Tendo em vista que o concreto armado estava sendo popularizado nessa época, e que o Arquiteto responsável pelo projeto era estrangeiro e concebeu uma estrutura neoclássica com traços do barroco, não é razoável assumirmos que o concreto armado teria sido a escolha do projeto.

Ademais, em um levantamento realizado em 2010 para um projeto de revitalização da edificação, o qual colaciona-se a seguir a Figura 5.1 que apresenta o trecho da entrada lateral, pode-se notar que as paredes externas do Palacete e algumas internas têm espessura de 40 cm. Também há paredes internas com espessura igual a 25 cm. Tais espessuras são superiores a usualmente utilizadas em alvenarias com objetivo exclusivo de vedação.

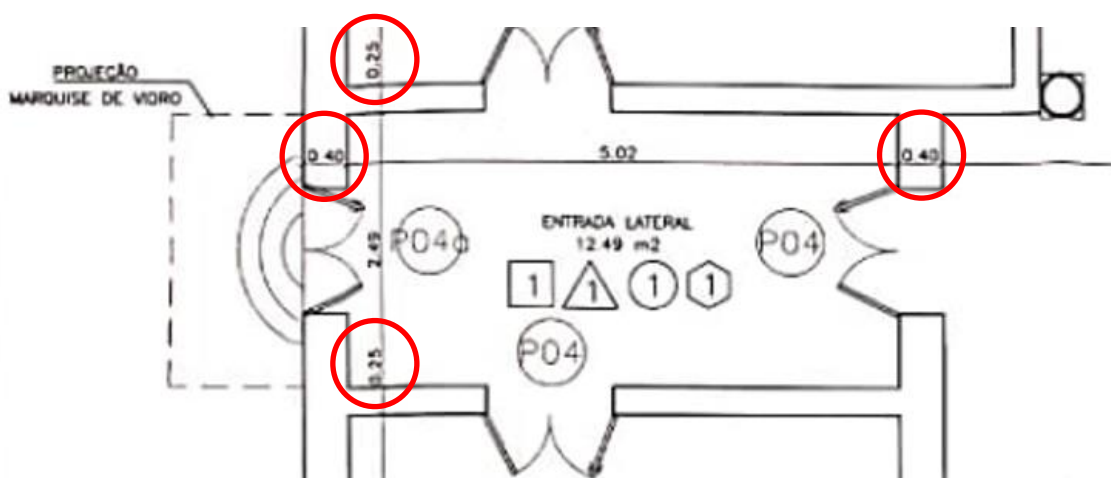


Figura 5.1 – Trecho do levantamento realizado para projeto de revitalização.
Fonte: Patrimônio da Fundação Osorio, 2010.

De maneira a corroborar com a adoção de tal premissa – qual seja, de que o Palacete fora construído em alvenaria com paredes autoportantes – pode-se reparar também que suas paredes são de blocos cerâmicos maciços, de acordo com o registro fotográfico de um dos autores deste trabalho, quando da visita à edificação em 2017 (Figuras 5.2 a 5.7). Nessa época, o Palacete encontrava-se fechado há anos e, em locais onde o emboço estava danificado, foi possível a visualização dos materiais internos das paredes. Também é possível perceber através de uma das fotos, Figura 5.3 que a parede externa é composta por dupla alvenaria intertravada entre si.

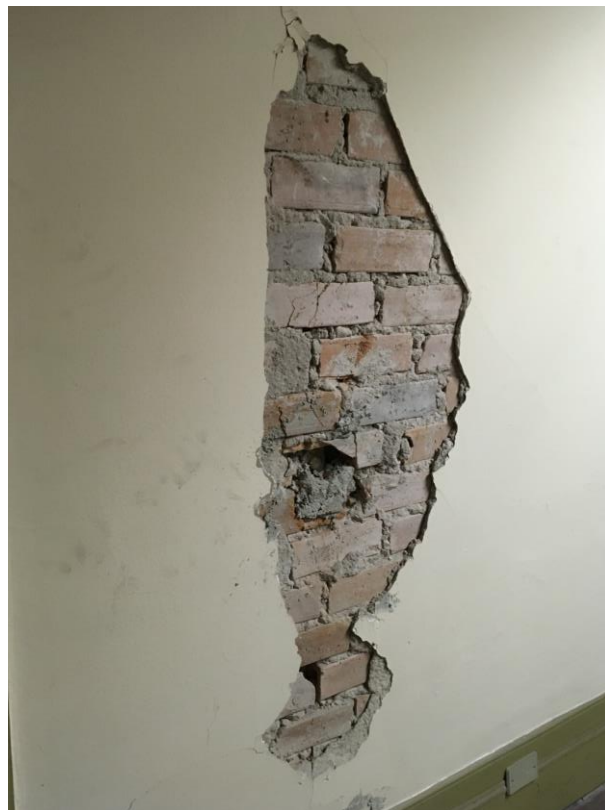


Figura 5.2 – Trecho de parede sem reboco.

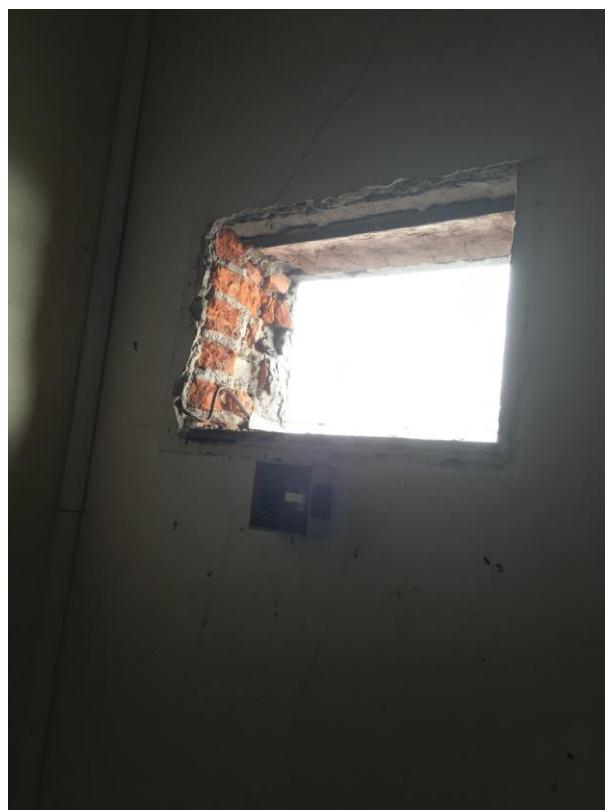


Figura 5.3 – Buraco aberto para ar-condicionado. Possível visualizar alvenaria dupla.



Figura 5.4 – Trecho de parede sem reboco.



Figura 5.5 – Trecho de parede sem reboco.



Figura 5.6 – Trecho de parede sem reboco.



Figura 5.7 – Trecho de parede sem reboco.

Por fim, através do levantamento realizado em 2010, pode-se notar que além da disposição dos cômodos no primeiro e no segundo pavimento serem similares (Figuras

5.8 e 5.9), as paredes internas no primeiro pavimento são significativamente mais espessas do que no segundo, fato típico de paredes autoportantes. Outro fato é a existência de pequenas sacadas com pequenos trechos de laje em balanço, de modo a evitar o surgimento de momentos fletores negativos significativos sobre as paredes externas, que causariam forças de tração sobre elas (MOHAMED, 2021).

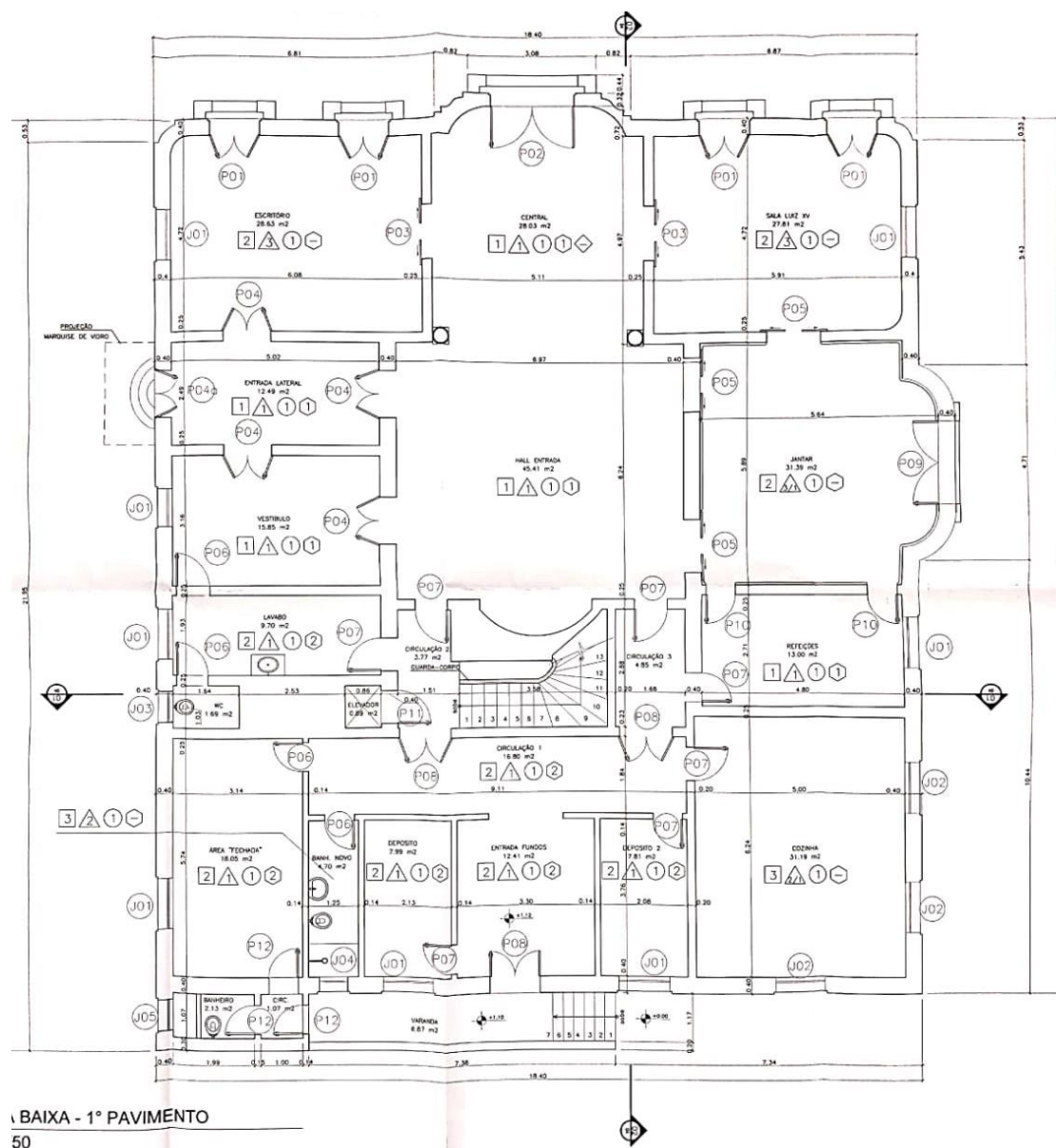


Figura 5.8 – Planta baixa do 1º pavimento.
Fonte: Fundação Osorio, 2010.

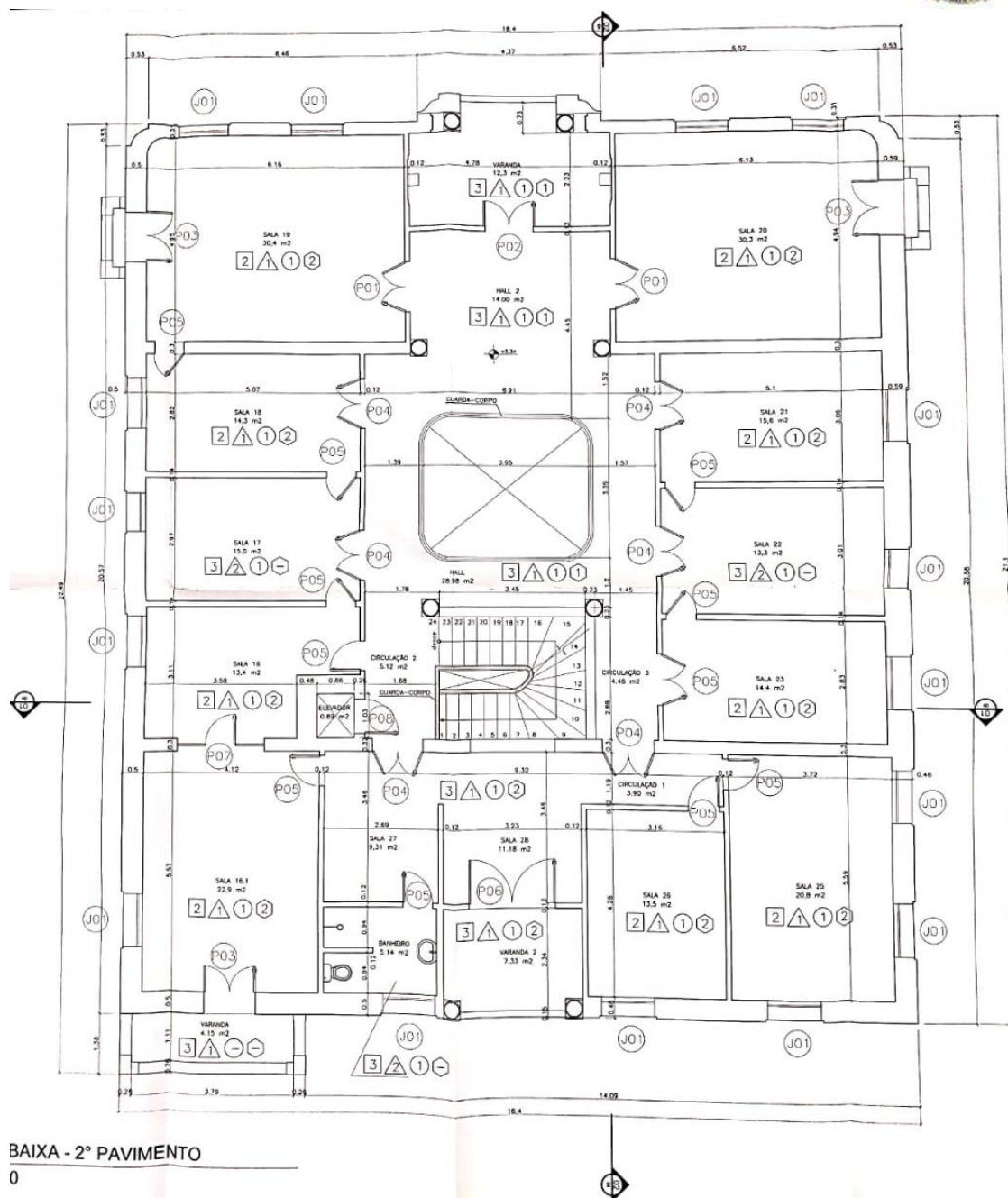


Figura 5.9 – Planta baixa do 2º pavimento.
Fonte: Fundação Osorio, 2010.

No que tange às lajes, do registro fotográfico de 2017 (arquivo autoral), pode-se constatar que se trata de lajes de concreto armado. No momento da visita realizada à época, havia trechos da laje cujo revestimento estava danificado e nos quais ocorreu a extrusão do concreto, deixando a armadura de aço exposta. Na Figura 5.10 é possível

notar que os pontos de armadura expostas sofreram corrosão. Recentemente, ocorreu a recuperação desses elementos quando da preparação da edificação para receber o Casa Rio Design, em 2022.



Figura 5.10 – Lajes danificadas, com pontos de exposição de armadura de aço.

Outros fatores observados nas visitas realizadas à edificação em estudo também são importantes para orientar as decisões de projeto e os cuidados de execução. O revestimento do piso da maioria dos ambientes, os detalhes arquitetônicos de rodapê e rodapé, as colunas ornamentais existentes e os detalhes esculpidos nos revestimentos de parede são originais. Também existe claraboia em vidro colorido e metais de guarda-corpo que podem ser considerados obras de arte. Há um elevador, com capacidade para uma pessoa, com caixa de metal detalhada, que realiza o transporte vertical entre o primeiro e o segundo pavimento. Os elementos mencionados podem ser observados nas Figuras 5.11 a 5.22.

Todos esses aspectos precisam ser recuperados e conservados para permanecerem no projeto final da edificação, uma vez que remetem à história do Palacete. Também é necessário tomar cuidado durante a execução para que esses elementos não sejam danificados.



Figura 5.11 – Revestimento de piso original.



Figura 5.12 – Guarda corpo em metal e colunas ornamentais, ambos elementos originais da edificação.



Figura 5.13 – Rodateto e detalhes do revestimento de parede, ambos elementos originais da edificação.



Figura 5.14 – Guardacorpo da escada em metal, esquadrias de madeira e elevador (porta da esquerda), todos elementos originais da edificação.



Figura 5.15 – Revestimento do piso, colunas ornamentais e detalhes no revestimento das paredes, todos elementos originais da edificação.



Figura 5.16 – Porta de entrada em metal e vidro e detalhes no revestimento das paredes, ambos elementos originais da edificação. A foto da esquerda é datada de 2017 e a da direita de 2022.



Figura 5.17 – Claraboia central em vidro ornamental, elemento original da edificação.



Figura 5.18 – Salão principal do Palacete, com detalhes arquitetônicos, esquadrias e piso original.



Figura 5.19 – Detalhes arquitetônicos nas paredes originais da edificação.



Figura 5.20 – Detalhes arquitetônicos nas paredes e guarda corpo do segundo pavimento originais da edificação.

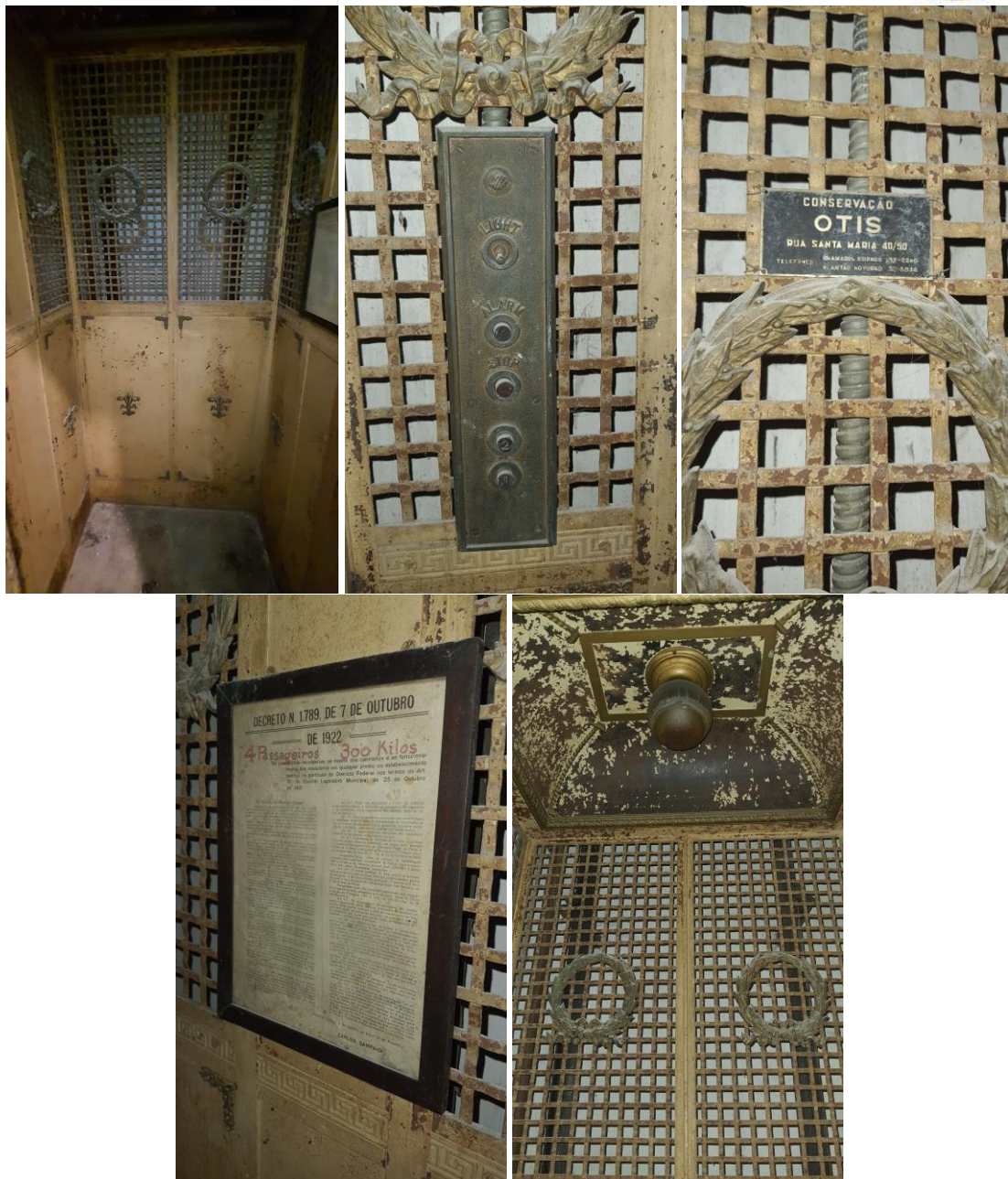


Figura 5.21 – Vistas da cabine do elevador, original à construção da edificação, com detalhes nos metais e informações acerca de sua utilização.

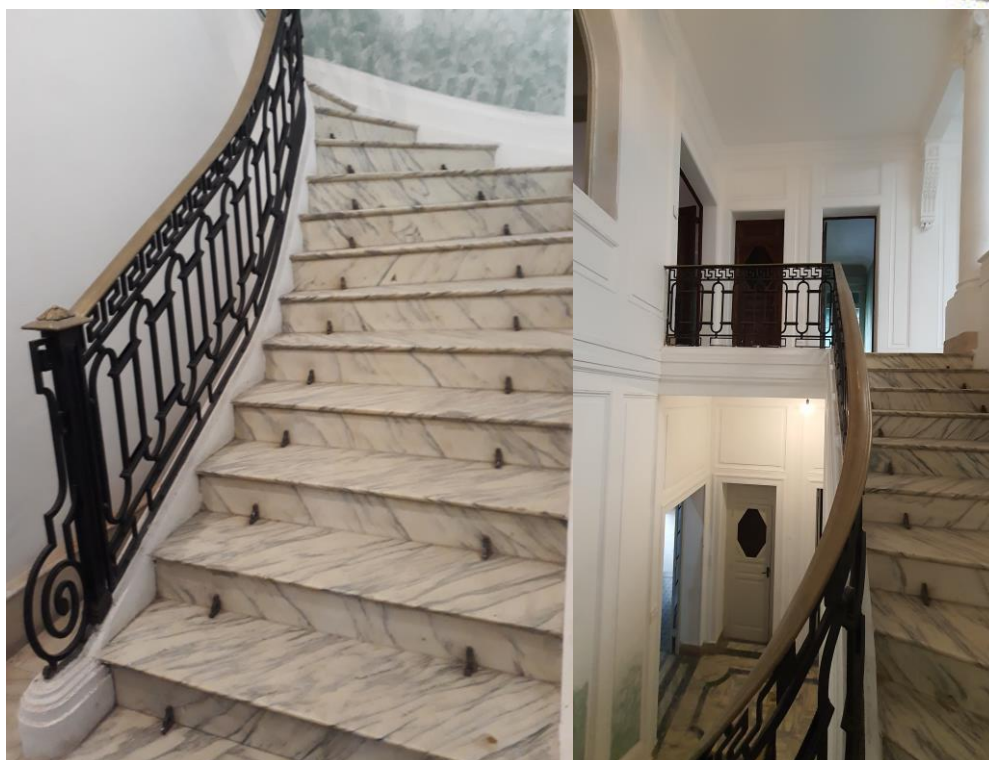


Figura 5.22 – Vistas da escada, totalmente original da construção.

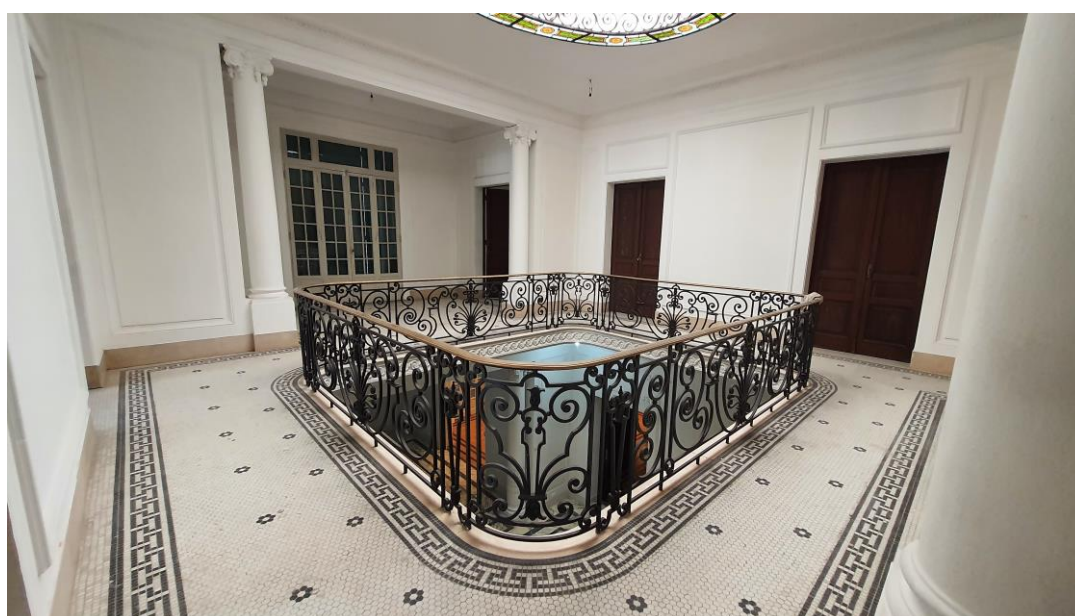


Figura 5.23 – Guarda-corpo e circulação principal do segundo pavimento com elementos arquitetônicos originais.

Em visita técnica realizada em outubro de 2022 para a realização deste trabalho, notou-se também que alguns elementos que necessitam ser reparados e/ou recuperados, listados a seguir.



1. O pavimento térreo (1º pavimento) da edificação fica a cerca de 1,0 m elevado em relação ao nível do terreno, sendo o interior da edificação acessado através de escadas nas entradas principal e dos fundos da edificação.
2. Em alguns cômodos do segundo pavimento que possuem piso de madeira, a madeira se soltou do contrapiso em alguns locais, sendo possível sentir o descolamento quando caminha-se pelo ambiente.
3. Algumas esquadrias de janela encontram-se com elementos do sistema de cortina de ferro danificados, impossibilitando a abertura e o fechamento das cortinas.
4. Algumas esquadrias de portas encontram-se com as maçanetas danificadas.
5. No primeiro pavimento, no corredor de acesso à cozinha, o piso encontra-se desnivelado.
6. O rodateto da circulação principal do segundo pavimento foi danificado e reconstituído com massa corrida, sem a preocupação de recuperação de seu detalhe arquitetônico.
7. Há indícios de infiltrações em alguns pontos da edificação.
8. A estrutura metálica que suporta a claraboia está sofrendo corrosão, necessitando ser tratada.

5.1 Definição do escopo do *retrofit*

O escopo deste trabalho foi definido com base nas premissas adotadas e nas contatações realizadas por meio dos levantamentos de dados históricos e investigações *in loco*. Destaca-se também a condição estrutural em que se encontra o palacete e na intenção de alterar a sua utilização. Além disso, e mais importante, para a definição do



escopo, considerou-se as ações de *retrofit* necessárias para a concepção deste projeto, tais como, atualização das funcionalidades do palacete e de sua adaptação às normas vigentes, como as de incêndio e acessibilidade.

Como mencionado na seção 2.2, a variabilidade das construções históricas não permite identificar na literatura estratégias de *retrofit* que possam ser consideradas exemplares quando aplicadas a todas as edificações. Portanto, para a definição do escopo, evitou-se implementar soluções de *retrofit* padronizadas sem a devida consideração. Ademais, buscou-se entender e gerenciar os seguintes critérios associados a cada ação de *retrofit*, de acordo com a matriz de Pugh que quantifica os critérios da matriz no intervalo de -3 a +3

- Solidez e Segurança (SS) – quão importante é a ação para a preservação da solidez da estrutura e da segurança de sua utilização: +3 = muito importante para preservar a SS, 0 = indiferente, -3 = não importante para preservar a SS. Foi adotado o peso 5 a esse critério tendo em vista que a solidez e segurança da edificação são fatores indispensáveis para permitir a liberação da obra para utilização;
- Atendimento às normas vigentes (ANV) – quão associada está a ação com relação ao atendimento às normas vigentes: +3 = a favor do ANV, 0 = indiferente, -3 = contra o ANV. Por se tratar de uma edificação de 1926, que apesar de ter passado por reformas ao longo de sua vida, provavelmente não passou por atualizações e verificações de seus sistemas – ao menos não há registros documentados que contradizem essa afirmação. Sendo assim, para permitir seu uso, é necessária que a edificação passe por uma verificação quanto ao atendimento das normas e que as ações a seu favor sejam realizadas, justificando assim, o peso 4 atribuído a esse critério.



- Alteração do uso e ocupação (UEO) - quão importante é a ação considerando a mudança de uso e ocupação do Palacete, que passará de um local com função principal de moradia para albergar uma instituição de ensino: +3 = muito importante, 0 = indiferente, -3 = não importante. O peso 4 foi designado a esse critério considerando que a alteração do uso e ocupação afeta diversos sistemas da edificação, mudando a função de cômodos e demandando que espaços e elementos surjam para atender à nova demanda;
- Risco ao acervo arquitetônico (AA) - quanto ao possível risco da ação no acervo arquitetônico: +3 = degrada o AA, 0 = indiferente, -3 = preserva o AA. Por se tratar de um *retrofit*, a conservação do acervo deve ser uma das regras de ouro para o projeto, posto isso, recebe peso 4, estando atrás somente do critério de solidez e segurança do edifício.
- Modernização tecnológica do edifício (MTE) – quanto aquela ação impacta na modernização da operação da edificação: +3 = aumenta o grau de modernização e reduz consideravelmente o custo de operação, 0 = indiferente, -3 = diminui o grau de modernização e aumenta consideravelmente o custo de operação. Assim como o critério anterior, deve estar dentro do escopo de um projeto de *retrofit* a aplicação de novas tecnologias, tendo como foco a sustentabilidade – buscando a economia de energia e de consumo de água. Posto isso, lhe foi atribuído o peso 3, quantificando a sua importância para o projeto de *retrofit*, mas não sua dominância sobre os demais critérios., tendo em vista as características do projeto em estudo, quais sejam, (i) a necessidade de preservação do patrimônio arquitetônico para atender a vontade de Francisca Osorio e (ii) a mudança do uso da edificação, que faz com que o cuidado com a estrutura e o atendimento as normas atuais de segurança sejam prioridade,



fazendo assim, que a modernização tecnológica da edificação fique em segundo plano.

O Quadro 5.1 apresenta as ações de retrofit, os valores atribuídos a cada par critério/ação da matriz e sua justificativa, classificando todas as ações compreendidas em um projeto de reforma e *retrofit*. Já o Quadro 5.2 apresenta a matriz de decisão e o seu resultado.

Com a matriz de decisão concluída, foi possível, por fim, definir as atividades que comporiam o escopo deste trabalho. As atividades (i) com pontuação abaixo de 30 não foram consideradas no escopo, (ii) com pontuação entre 30 e 50 foram compreendidas, sendo propostas soluções e sugeridas análises para elas e (iii) com pontuação acima de 50 foram compreendidas no escopo com o objetivo de realizar verificações técnicas mais completas, devido a sua importância. Portanto, optou-se por compreender no escopo:

- Estudo das metodologias investigativas que poderiam ser realizadas na edificação de modo a possibilitar a análise das propriedades mecânicas da estrutura e o registro do acervo arquitetônico;
- Verificações estruturais para garantir a segurança da edificação, considerando não só as características da edificação atual mas também aquelas necessárias para garantir a segurança na alteração do seu uso e ocupação;
- Estudo das metodologias investigativas aplicadas às instalações prediais - hidráulica, de esgoto, de águas pluviais e elétrica – contribuindo não somente para que as instalações estejam adequadas para o uso, como também para garantir a segurança, conforto e qualidade aos profissionais e usuários;
- Proposição de solução para o sistema de proteção e combate a incêndio e para a acessibilidade, pontos focais quando se trata de um projeto de *retrofit*, tendo em



vista a necessidade de atualização da edificação para assegurar o atendimento às normas vigentes.

É importante mencionar que as ações apresentadas, mas não compreendidas no escopo também são de suma importância para a utilização e segurança da edificação e, portanto, devem ser melhor analisadas antes que este possa ser liberado para operação.

Além disso, uma vez que o edifício tenha sido adaptado, o processo de avaliação pós-ocupação é importante para determinar seu sucesso geral e garantir que as lições sejam aprendidas para projetos futuros. Isso pode envolver o monitoramento do uso de energia, pesquisas com os ocupantes e assim por diante.



Quadro 5.1 – Matriz de decisão: Justificativa dos valores atribuídos por ação.

Critério Ações		Solidez e Segurança (SS)	Atendimento às normas vigentes (ANV)	Alteração do uso e ocupação (UEO)	Risco ao acervo arquitetônico (AA)	Modernização tecnológica do edifício (MTE)
Estrutura		+3 A análise estrutural é essencial para garantir a SS.	+3 A análise estrutural é essencial para garantir o ANV.	+3 A análise estrutural é essencial para a segura alteração do UEO.	+3 A necessidade de um reforço estrutural pode representar um grande risco ao AA.	0 A estrutura não representa fonte de modernização tecnológica para o edifício.
Instalações prediais	Hidráulica	+2 O sistema hidráulico tem média importância para a SS da edificação, tendo em vista que este sistema pode danificar o comportamento estrutural da edificação em caso de manifestações patológicas.	+1 A verificação e, se necessária, modificação desse sistema é importante para garantir o ANV.	+3 É fortemente afetado pela alteração no UEO, esse sistema deve ser analisado e possivelmente repensando.	+2 Alterações neste sistema representam um risco médio à conservação do AA.	+3 Apresenta um grande potencial para o aumento do grau de MTE.
	Esgoto e águas pluviais	+1 Este sistema tem baixa importância para a SS da edificação, uma vez que as manifestações patológicas não representam grandes danos à estrutura.	+1 A verificação e, se necessária, modificação desse sistema é importante para garantir o ANV.	+3 É fortemente afetado pela alteração no UEO, esse sistema deve ser analisado e possivelmente repensando.	+2 Alterações neste sistema representam um risco médio à conservação do AA.	+1 Apresenta um potencial baixo para o aumento do grau de MTE.
	Elétrica	+2 O sistema elétrico tem média importância para a SS da edificação, considerando que falhas neste sistema podem resultar em incêndio e consequentemente em perda de propriedades mecânicas da estrutura.	+1 A verificação e, se necessária, modificação desse sistema é importante para garantir o ANV.	+3 É fortemente afetado pela alteração no UEO, esse sistema deve ser analisado e possivelmente repensando.	+2 Alterações neste sistema representam um risco médio à conservação do AA.	+3 Apresenta um grande potencial para o aumento do grau de MTE.
	Incêndio	+3 A adição desse sistema é essencial para garantir a SS da edificação.	+3 A adição desse sistema é essencial para garantir o ANV.	+3 É fortemente afetado pela alteração no UEO, esse sistema deve ser obrigatoriamente adicionado à edificação e devidamente analisado.	+2 Alterações neste sistema representam um risco médio à conservação do AA.	+1 Apresenta um potencial baixo para o aumento do grau de MTE.
	CFTV	0 Não afeta a SS da edificação.	0 Não é importante para o ANV.	+3 É fortemente afetado pela alteração no UEO, esse sistema deve ser adicionado à edificação e devidamente analisado.	+2 Alterações neste sistema representam um risco médio à conservação do AA.	+1 Apresenta um potencial baixo para o aumento do grau de MTE.



Quadro 5.2 – Continuação

Critério Ações		Solidez e Segurança (SS)	Atendimento às normas vigentes (ANV)	Alteração do uso e ocupação (UEO)	Risco ao acervo arquitetônico (AA)	Modernização tecnológica do edifício (MTE)
Instalações prediais	Infraestrutura de TI	0 Não afeta a SS da edificação.	0 Não é importante para o ANV.	+2 É medianamente afetado pela alteração no UEO, infraestrutura necessária para a operação.	+2 Alterações neste sistema representam um risco médio à conservação do AA.	+3 Apresenta um grande potencial para o aumento do grau de MTE.
Acessibilidade		0 Não afeta a SS da edificação.	+3 A adição desse sistema é essencial para garantir o ANV.	+3 É fortemente afetado pela alteração no UEO e deve ser analisado.	+2 Representa um risco médio à conservação do AA.	+1 Apresenta um potencial baixo para o aumento do grau de MTE.
Manutenção	Vedação das esquadrias	0 Não afeta a SS da edificação.	+1 Como ação de manutenção tem importância para o ANV.	0 Não é afetado pela alteração no UEO, deve ser realizado independentemente	-2 Representa um impacto médio na preservação do AA.	0 Não afeta a MTE.
	Reforma do telhado	+2 É medianamente importante para garantir a SS da edificação.	+2 Como ação de manutenção tem importância média para o ANV.	0 Não é afetado pela alteração no UEO, deve ser realizado de todos os modos.	-2 Representa um impacto médio na preservação do AA.	+1 Apresenta um potencial baixo para o aumento do grau de MTE
	Recuperação do piso	+1 Possui baixa importância para garantir a SS da edificação, tendo em vista que se trata de um aspecto que pode causar desconforto e acidentes ao usuário no caso de desníveis, por exemplo.	+1 Como ação de manutenção tem importância para o ANV.	0 Não é afetado pela alteração no UEO, deve ser realizado independentemente.	-2 Representa um impacto médio na preservação do AA.	0 Não afeta a MTE.
	Pintura	0 Não afeta a SS da edificação.	+1 Como ação de manutenção tem importância para o ANV.	0 Não é afetado pela alteração no UEO, deve ser realizado independentemente.	-1 Representa um impacto baixo na preservação do AA.	0 Não afeta a MTE.
	Recuperação da claraboia	+1 Possui baixa importância para garantir a SS da edificação, uma vez que apenas nota-se necessidade de manutenção preventiva.	+1 Como ação de manutenção tem importância para o ANV.	0 Não é afetado pela alteração no UEO, deve ser realizado independentemente.	-2 Representa um impacto médio na preservação do AA.	0 Não afeta a MTE.
	Recuperação das esquadrias	0 Não afeta a SS da edificação.	+1 Como ação de manutenção tem importância para o ANV.	0 Não é afetado pela alteração no UEO, deve ser realizado independentemente.	-2 Representa um impacto médio na preservação do AA.	0 Não afeta a MTE.



Quadro 5.2 – Continuação

Critério Ações	Solidez e Segurança (SS)	Atendimento às normas vigentes (ANV)	Alteração do uso e ocupação (UEO)	Risco ao acervo arquitetônico (AA)	Modernização tecnológica do edifício (MTE)
Paisagismo	0 Não afeta a SS da edificação.	0 Não afeta o ANV.	0 Não é afetado pela alteração no UEO.	-1 Representa um impacto baixo na preservação do AA	0 Não afeta a MTE.



Quadro 5.2 – Matriz de decisão: Análise de escopo e ações de *retrofit*.

Critério Ações		Solidez e Segurança	Atendimento às normas vigentes	Alteração do uso e ocupação	Risco ao acervo arquitetônico	Modernização tecnológica do edifício	Total	Escopo
		5	4	4	4	3		
Estrutura		+3	+3	+3	+3	0	51	investigação e verificação
Instalações prediais	Hidráulica	+2	+1	+3	+2	+3	43	investigação
	Esgoto e águas pluviais	+1	+1	+3	+2	+1	32	investigação
	Elétrica	+2	+1	+3	+2	+3	44	investigação
	Incêndio	+3	+3	+3	+2	+1	50	proposição de solução
	CFTV	0	0	+3	+2	+1	23	-
	Infraestrutura de TI	0	0	+2	+2	+3	25	-
Acessibilidade		0	+3	+3	+2	+1	35	proposição de solução
Manutenção	Vedação das esquadrias	0	+1	0	-2	0	-4	-
	Reforma do telhado	+2	+2	0	-2	+1	13	-
	Recuperação do piso	+1	+1	0	-2	0	-7	-
	Pintura	0	+1	0	-1	0	0	-
	Recuperação da claraboia	+1	+1	0	-2	0	-7	-
	Recuperação das esquadrias	0	+1	0	-2	0	-12	-
Paisagismo		0	0	0	-1	0	-4	-



6 ESTUDO DE CASO: PROPOSIÇÕES E VERIFICAÇÕES

6.1 Estrutura

6.1.1 Metodologias investigativas

Tendo em vista todo o anteriormente exposto, sugere-se que seja realizada uma ilha de investigação em cada parede estrutural principal da edificação, seguindo a mesma linha utilizada por Cintra (2019) no TMRJ, uma vez que esta se mostrou eficaz para análise das propriedades mecânicas da estrutura em estudo. A realização das metodologias investigativas apresentadas neste trabalho para a análise estrutural é importante pelos seguintes motivos:

- Ensaio de fotogrametria: sugere-se sua aplicação para registrar todos os detalhes arquitetônicos presentes no Palacete, uma vez que sua principal função é a reprodução tridimensional de superfícies, podendo esses elementos serem modelados através de uma nuvem de pontos. Dessa maneira, caso algum elemento seja danificado durante a obra ou no período de operação da Faculdade Osorio, este poderá ser reconstituído através do registro obtido. Cintra (2019) também expõe que é uma técnica com alto potencial para o registro de obras de arte. Ademais, a possibilidade de extrair uma nuvem de pontos que retrata fielmente a volumetria da edificação permite a análise estrutural pormenorizada e o acompanhamento de movimentos estruturais ao longo da utilização do Palacete através da comparação de imagens registradas em momentos distintos;
- Ensaio de termografia infravermelha: sugere-se sua realização de maneira passiva, ou seja, com fonte de calor natural, objetivando determinar as dimensões dos blocos maciços originais, além de locais de fragilidade da estrutura devido à abertura e



fechamento de vãos na alvenaria. O resultado obtido serve como base para a análise estrutural das paredes da edificação face aos novos carregamentos provenientes do novo uso da edificação;

- Ensaio de pacometria: sua realização é importante para levantar informações acerca das lajes de concreto armado do Palacete, onde será a Faculdade Osorio. As informações a serem obtidas são importantes para a realização de verificação estrutural, permitindo o estudo da necessidade de reforço estrutural das lajes em questão;
- Ensaio de esclerometria: a realização deste ensaio é importante principalmente para analisar se a estrutura está respondendo de maneira homogênea às solicitações e possíveis áreas de fragilidade que necessitam de atenção especial para garantir a segurança da edificação;
- Ensaio de ultrassom: este ensaio permite a obtenção do módulo de elasticidade das paredes autoportantes, além de também permitir a avaliar a qualidade e integralidade dos materiais em estudo;
- Ensaio de macaco plano: é provavelmente o ensaio mais importante a ser realizado, pois através dele é possível obter o módulo de elasticidade e a tensão admissível à compressão das paredes autoportantes em questão, ou seja, seus parâmetros de resistência e deformabilidade.

6.1.2 Verificações estruturais

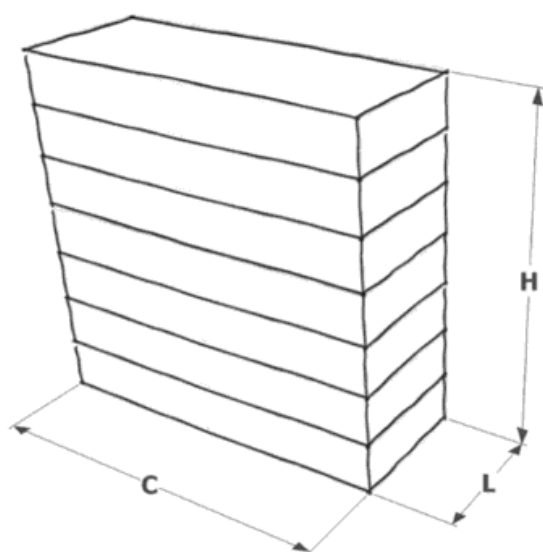
Restou devidamente elucidado nos tópicos anteriores a importância de realizar as devidas verificações estruturais em um projeto de *retrofit* para garantir a segurança da edificação, propondo medidas de intervenções compatíveis com o sistema estrutural original da edificação, seja em um processo de recuperação ou de reforço estrutural.



No caso em estudo – Palacete da Fundação Osorio – a edificação deixará de ter uso residencial para ter uso educacional. Portanto, as cargas sofridas pela estrutura, quando a instalação da Faculdade Osorio ocorrer de maneira efetiva, podem causar danos à edificação. Dessa maneira, neste tópico do trabalho, busca-se na literatura informações que possam nortear a verificação estrutural numérica dos esforços a serem resistidos e da resistência estrutural através da metodologia de retroanálise.

Para melhor análise, o ideal seria que os ensaios não destrutivos apresentados no capítulo anterior fossem realizados de maneira a obter os reais valores de resistência da alvenaria do Palacete. Entretanto, para a realização deste trabalho, devido à dificuldade de realizar tais ensaios em campo, parte-se de premissas observadas na literatura para edificações da mesma época e com o mesmo sistema estrutural para então realizar verificações quanto às exigências normativas atuais, em especial a NBR 16868-1:2020 – Alvenaria estrutural Parte 1: Projeto. Também será utilizado como base o livro “Construções em Alvenaria Estrutural: Materiais, projeto e desempenho”, de autoria de Gihad Mohamad (2020), que também se encontra em conformidade com a referida norma técnica.

A primeira verificação a ser realizada tange à robustez da edificação. Quanto mais robusta é uma edificação, maior é sua resistência aos esforços horizontais sofridos, como a carga de vento, por exemplo (MOHAMAD, 2020). De acordo com Gallegos (1988) *apud* Mohamad (2020), adota-se os valores de referência demonstrados na Figura 6.1 para determinar a robustez da edificação.



Situação	C/L	H/L
Ideal	1	≤ 1
Aceitável	≤ 4	≤ 3
Ruim	> 4	> 3

Figura 6.1 – Valores de referência para classificar a robustez da edificação

Fonte: Mohamed, 2020

No caso do Palacete em estudo, têm-se que C, seu comprimento, é igual a 22,4 m, e L, sua largura, é igual a 18,4 m, conforme extraído dos projetos acostados às Figuras 5.8 e 5.9, e H = 10,0 m, seu valor de altura aproximado, tendo em vista que o pé-direito interno, tanto do pavimento térreo quanto do pavimento superior, é de cerca de 4,0 m, e a edificação é elevada em relação ao nível da rua em aproximadamente 1,0 m. Portanto, adota-se 10,0 m, considerando as alturas das lajes e de outros elementos construtivos, como telhado, platibanda etc.

Portanto, tem-se que:

$$\frac{C}{L} = \frac{22,4}{18,4} = 1,22$$

$$\frac{H}{L} = \frac{10,0}{18,4} = 0,54$$

Pelos resultados obtidos nas equações acima, têm-se que a robustez da edificação está entre aceitável e ideal.



Outro fator importante a ser analisado é quanto à distribuição e arranjo das paredes estruturais, isto porque quanto mais simétrico for a planta baixa da edificação, mais efetiva será a sua resposta estrutural, principalmente no que tange a esforços que podem gerar torção na edificação. Vale pontuar que a distribuição das paredes estruturais é responsável por garantir a estabilidade da edificação (MOHAMAD, 2020). Hendry (1981) *apud* Mohamad (2020) tipifica os principais arranjos de paredes estruturais em três categorias, a saber:

- Sistema celular: a distribuição das cargas ocorre tanto para as paredes internas quanto para as paredes externas do edifício, as cargas são igualmente distribuídas, formando um padrão celular. Considera-se lajes bidirecionais;
- Sistema de paredes transversais: as cargas são direcionadas as paredes internas. Nesse sistema, existe a necessidade de sistema de contraventamento para garantir a estabilidade da estrutura. Considera-se lajes unidirecionais;
- Sistema complexo: quando há um núcleo rígido central (caixa de escada, elevadores e compartimentos de serviços). Considera-se lajes unidirecionais e bidirecionais no contorno da edificação.

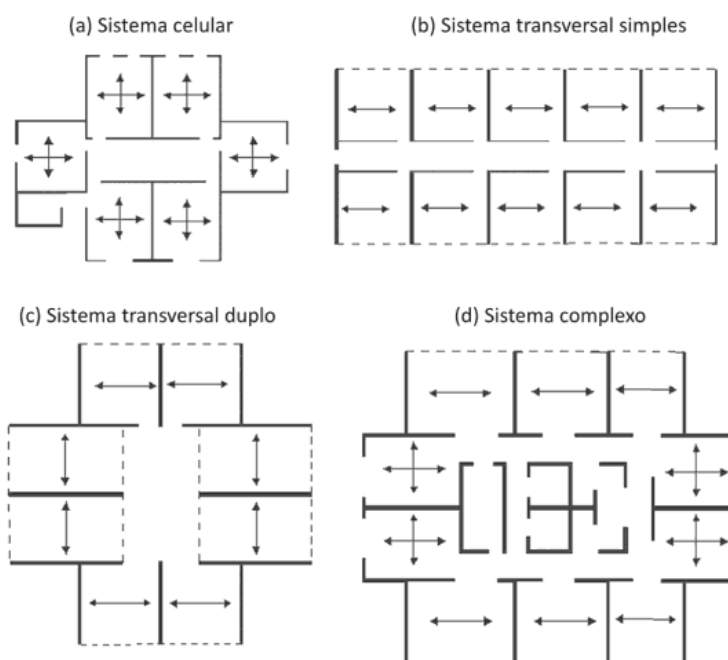


Figura 6.2 – Principais arranjos estruturais
Fonte: Mohamad, 2020

Analisando a planta baixa do Palacete, demanda do presente estudo, pode-se perceber que tanto o pavimento térreo quanto o pavimento superior possuem simetria em pelo menos um eixo. Ademais, as paredes externas da edificação são paredes estruturais, tendo em vista a sua espessura similar em comparação com as paredes internas. Dessa maneira, pode-se admitir que o Palacete tem o sistema celular como arranjo estrutural.

Assim sendo, tendo em vista que se trata edificação robusta, que a arquitetura do Palacete possui simetria em pelo um eixo, que tanto paredes externas e internas são estruturais formando um sistema celular e que no seu entorno existem diversas edificações significativamente mais altas, despreza-se no presente trabalho ação do vento sobre a edificação.

No que tange a segurança estrutural, analisa-se principalmente a relação entre as cargas atuantes na edificação e a resistência da estrutura. Como devidamente expõe Mohamad (2020) em seu livro,



a segurança estrutural em um projeto é garantida quando se majoram as cargas características e se minoram as resistências características por um fator de segurança. O critério básico para o dimensionamento dos elementos estruturais é estabelecido quando as cargas totais atuantes de cálculo são iguais ou menores que a resistência de cálculo dos materiais empregados na execução.

Para tanto, adota-se as cargas atuantes na edificação, conforme Quadro 6.1, em conformidade com a ABNT NBR 16868-1:2020 – Alvenaria estrutural, Parte 1: Projeto, com a ABNT NBR 6120:2019 – Ações para cálculo de estruturas de edificações e com a ABNT NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto.

Quadro 6.1 – Cargas atuantes na edificação

	Descrição	Ação	Referência
Carregamentos permanentes	Peso próprio do tijolo cerâmico maciço (P_{tijolo})	18 kN/m ³	ABNT NBR 6120:2019
	Peso próprio do revestimento, considerando argamassa de cimento e areia ($P_{\text{revestimento}}$)	21 kN/m ³	ABNT NBR 6120:2019
	Peso próprio da laje de concreto armado (P_{laje})	25 kN/m ³	ABNT NBR 6118:2014
	Revestimento de pisos de edifícios residenciais e comerciais, considerando 5 cm de espessura (P_{piso})	1 kN/m ²	ABNT NBR 6120:2019
Carregamentos variáveis	Sala de aula, salas administrativas, corredores, cozinha/copa e áreas técnicas ¹	3 kN/m ²	ABNT NBR 6120:2019
	Bibliotecas, com estantes de livros de até 2,20m de altura	6 kN/m ²	ABNT NBR 6120:2019
	Sanitários e vestiários	2 kN/m ²	ABNT NBR 6120:2019
¹ Considerando que norma admite para sala de aula, cozinha e áreas técnicas o valor de 3 kN/m ² e para salas administrativas o valor de 2,5 kN/m ² e que no momento da realização deste trabalho não estava definida a distribuição dos ambientes da Faculdade Osorio, adotou-se 3 kN/m ² para todos esses casos.			

A ABNT NBR 16868-1:2020 ainda recomenda a adoção de carregamento horizontal como ação permanente indireta devido ao desaprumo global das paredes da edificação, que podem surgir no momento da construção. Entretanto, tendo em vista que



no momento da vistoria realizada no Palacete não foi notado desaprumo significativo na edificação, esta ação foi desconsiderada na corrente análise.

A referida norma ainda determina que para cada tipo de carregamento, deve-se analisar as combinações das ações consideradas de maneira a determinar o pior cenário de carregamento que a parede autoportante irá sofrer. De acordo com os carregamentos acima, tem-se como carregamento permanente os pesos próprios dos materiais, que somados, permitem obter o seguinte carregamento distribuído:

$$\sum F_{G,k} = P_{tijolo} L_{alv} h_{alv} + P_{revest} L_{rev} h_{alv} + \frac{P_{laje} h_{laje} A_{laje}}{b_{alv}} + \frac{P_{piso} A_{laje}}{b_{alv}} \quad (6.1)$$

Onde:

P_{tijolo} , P_{rev} , P_{laje} e P_{piso} são os valores apresentados no quadro anterior;

L_{alv} é a largura da parede de alvenaria;

h_{alv} é a altura da parede de alvenaria;

L_{rev} é a espessura do revestimento das paredes, estimado em 2 cm;

h_{laje} é a altura da laje, obtida *in loco*, igual a 23 cm;

A_{laje} é a área da laje que descarrega na parede de alvenaria;

b_{alv} é o comprimento linear da parede de alvenaria.

Já os carregamentos variáveis apresentados cingem-se a carga de utilização do ambiente, portanto, eles não ocorreram simultaneamente.

Conforme a ABNT NBR 16868-1:2020, a combinação de cargas é realizada pela seguinte equação:



$$F_d = \gamma_g F_{G,k} + \gamma_q (F_{Q1,k} + \sum \Psi_{0j} F_{Qj,k}) \quad (6.2)$$

Onde:

F_d é o valor de cálculo para a combinação última;

γ_g é o ponderador dos carregamentos permanentes;

$F_{G,k}$ é o valor característico dos carregamentos permanentes;

γ_q é o ponderador dos carregamentos variáveis;

$F_{Q1,k}$ é o valor característico do carregamento variável principal;

$\Psi_{0j} F_{Qj,k}$ são os valores característicos reduzidos dos demais carregamentos variáveis.

No que tange à resistência das paredes de alvenaria, a norma técnica indica que devem ser realizados ensaios de parede de acordo com a ABNT NBR 16868-3 – Alvenaria Estrutural, Métodos de Ensaio para a determinação da resistência característica à compressão simples (f_k). Entretanto, vale pontuar que apesar da análise que está sendo realizada, a norma foi elaborada para realização de projetos de novas edificações. Sendo assim, a resistência da parede de alvenaria da edificação em estudo pode ser determinada através dos ensaios não destrutivos já elucidados alhures. Tendo em vista a dificuldade de realização desses ensaios no transcorrer do presente trabalho, adota-se como resistência o valor de 4,8 MPa, obtido por Cintra (2019)¹ em seu trabalho nas alvenarias estruturais do Theatro Municipal do Rio de Janeiro, edificação de mesmo estilo e construído na mesma época do Palacete da Fundação Osorio.

¹ No trabalho de Cintra (2019), o valor de 4,8 MPa corresponde a resistência de fissuração da parede de alvenaria. Cabendo ressaltar que o a capacidade máxima do equipamento utilizado foi atingido, sendo atingida o carregamento de 6,0 MPa tendo a alvenaria permanecido com o comportamento elástico linear.



Ademais, a norma técnica também determina que a resistência de cálculo é obtida através da razão entre a resistência da parede e o coeficiente de ponderação das resistências. No caso de combinações normais de carregamento, o referido coeficiente é igual a 2,0. Portanto:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} = \frac{f_k}{2,0} \quad (6.3)$$

Onde:

f_d é a resistência de cálculo;

f_k é a resistência característica à compressão simples;

γ_m é o coeficiente de ponderação das resistências.

Corroborando com a decisão de utilizar o valor obtido por Cintra (2019) com o ensaio de macaco plano duplo para a verificação do caso em estudo, vale trazer o exposto por Ferreira (2020) em seu trabalho que, apesar do ensaio de macaco plano não ser normatizado no Brasil, existem normas internacionais sobre a sua realização (ASTM C1196-14, ASTM C1197-14, ASTM C1531-16, RILEM MDT 4-04 e RILEM MDT 5-04), além deste ensaio ser amplamente utilizado e aceito para obtenção da resistência à compressão de alvenarias estruturais em edificações históricas.

Outrossim, a própria ASTM C1197-14 apresenta que os resultados obtidos possuem variação entre eles de 24% enquanto os ensaios por técnica de prisma – recomendado pela norma brasileira – tem variação de 32% (FERRREIA, 2020), do que se extrai que não só os valores do ensaio realizado são aceitáveis, como possuem variabilidade menor. Nesse sentido, Rossi (1982) *apud* Ferreira (2020) defende que



a técnica com macacos planos tem resultados bastantes confiáveis, pois as características de deformações são medidas em uma estrutura não perturbada, ou seja, no seu local natural, sem modificação externa devido ao seu tamanho, tendo seus resultados com representatividade do comportamento geral da estrutura (ROSSI,1982 *apud* FERREIRA, 2020).

No que tange a resistência a compressão na flexão (f_{cf}) na direção normal às juntas de assentamento, a ABNT NBR 16868-1 permite a estimativa de $1,5.f_k$ para alvenarias não grauteadas e $2,0.f_k$ para alvenarias grauteadas. No caso em estudo, sabe-se que foram utilizados tijolos maciços, sem grauteamento, Assim,

$$f_{cf} = 1,5f_k \quad (6.4)$$

Onde:

f_{cf} é a resistência a compressão na flexão;

f_k é a resistência característica à compressão simples.

Existem propriedades de resistência da parede de alvenaria que dependem da resistência da argamassa, de acordo com a norma brasileira (ABNT NBR 16868-1/2020), como a resistência à tração na flexão e a resistência ao cisalhamento da alvenaria. Como não há informações acerca das propriedades da argamassa, estas resistências não serão analisadas, cabendo apenas pontuar que a resistência encontrada por Cintra (2019) e utilizada na presente análise consiste em analisar a resistência a compressão da alvenaria como um todo (tijolos maciços e argamassa).

Um outro índice a ser calculado é o índice de esbeltez da parede, que de acordo com a ABNT NBR 16868-1:2020 deve ser menor ou igual a 24 para paredes de alvenaria não armadas. O índice de esbeltez pode ser calculado pela seguinte equação:



$$\lambda = \frac{h_e}{t_e} \quad (6.5)$$

Onde:

λ é o índice de esbeltez

h_e é a altura efetiva da parede;

t_e é a espessura efetiva da parede.

Com as informações anteriormente obtidas, pode-se calcular a resistência à compressão simples de cálculo para paredes de alvenaria não armadas, em conformidade com a ABNT NBR 16868-1:2020, pela equação:

$$N_{rd} = f_d \times A \times \left[1 - \left(\frac{\lambda}{40} \right)^3 \right] \quad (6.6)$$

Onde:

N_{rd} é a força normal resistente de cálculo da alvenaria;

f_d é a resistência à compressão simples de cálculo;

A é a área da seção resistente;

λ é o índice de esbeltez.

Também pode-se calcular a resistência à flexocompressão da parede de alvenaria não armada de acordo com a seguinte inequação, exposta na ABNT NBR 16868-1:2020:

$$\frac{N_d}{A \times \left[1 - \left(\frac{\lambda}{40} \right)^3 \right]} + \frac{M_d}{W \times K} \leq f_{cf} \quad (6.7)$$

Onde:

N_d é a força normal de cálculo;



A é a área da seção resistente;

λ é o índice de esbeltez.

M_d é o momento fletor solicitante de cálculo;

W é o mínimo módulo de resistência a flexão da seção;

K é um fator de ajuste (1,5 para alvenarias não grauteadas);

f_{cf} é a resistência à flexocompressão de cálculo.

Como no presente estudo desconsidera-se qualquer ação horizontal que age sobre a estrutura, devido a sua robustez, a inequação acima se reduz a:

$$\frac{N_d}{A \times \left[1 - \left(\frac{\lambda}{40} \right)^3 \right]} \leq f_{cf} \quad (6.8)$$

6.1.2.1 Cenário crítico de carregamento

Pelas possibilidades de *layout* no momento da instalação da Faculdade Osorio, o pior cenário de carregamento seria a utilização da maior sala no segundo pavimento (aquela que tem o maior vão livre para a laje) para a instalação de uma biblioteca (situação com o maior carregamento possível, de acordo com os carregamentos elucidados na seção anterior). A maior sala do segundo pavimento é a sala localizada à esquerda da varanda, que tem área de quase 30m², identificada como Sala 19 na planta baixa constante nos documentos da Fundação Osorio (Figura 6.3).

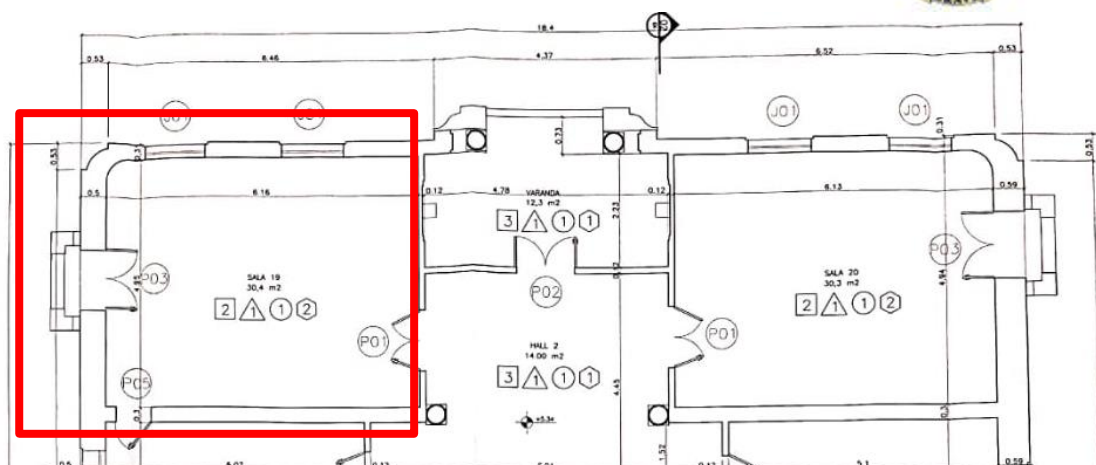


Figura 6.3 – Sala em estudo

Fonte: Fundação Osorio, 2010

De acordo com a planta baixa do primeiro pavimento, as paredes que sustentam a referida laje são paredes externas, com largura igual a 40cm, e paredes internas, com largura igual a 25cm. De acordo com a ABNT NBR 6118:2014, quanto a análise estrutural de lajes maciças de concreto armado, pode-se calcular as reações de apoio em cada laje através da teoria das linhas de ruptura, nas quais são traçadas linhas (“charneiras”) retas, inclinadas a partir dos vértices das lajes com os seguintes ângulos:

- 45° quando os apoios no vértice são do mesmo tipo;
- 60° a partir do apoio engastado quando o outro apoio for simplesmente apoiado;
- 90° a partir do apoio em borda livre.

Dessa maneira, obtêm-se a seguinte distribuição das cargas, reportada na Figura

6.4.

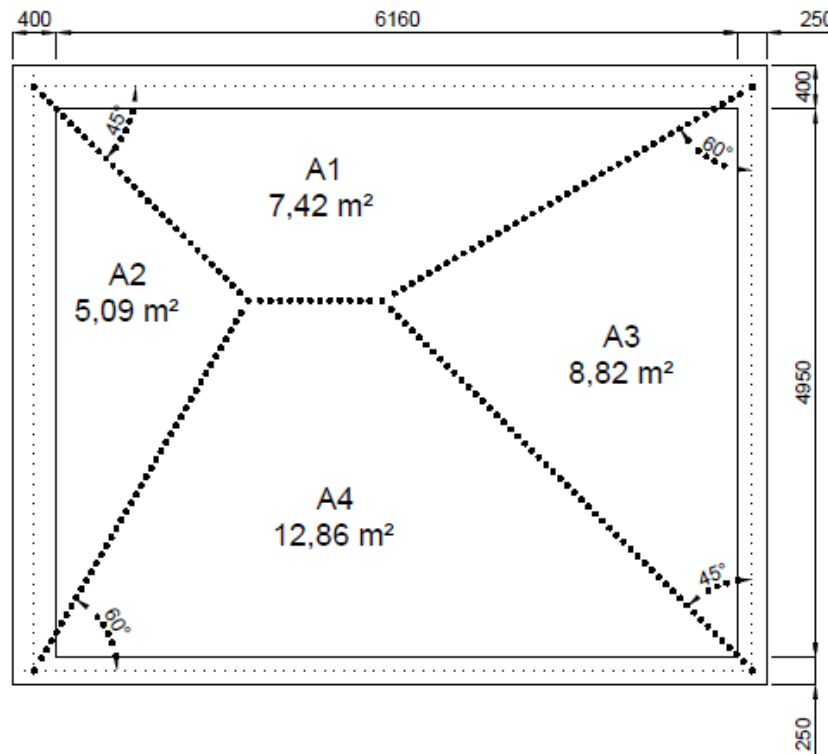


Figura 6.4 – Distribuição de cargas na laje da Sala 19.

Portanto, a parede mais solicitada pela distribuição de cargas na laje em estudo é a parede que recebe a carga constante na área A4.

Considerando $L_{alvenaria} = 25 \text{ cm}$, $h_{alv} = 4,0$ e $A_{laje} = 12,86$ têm-se que:

$$\sum F_{G,k} = (18)(0,25)(4,0) + (21)(0,02)(4,0) + \frac{(25)(0,23)(12,86)}{6,16 + \frac{0,40}{2} + \frac{0,25}{2}} + \frac{(1,0)(12,86)}{6,16 + \frac{0,40}{2} + \frac{0,25}{2}}$$

$$\sum F_{G,k} = 583,35 \text{ kN/m}$$

Considerando $\gamma_g = \gamma_q = 1,40$ e $F_{Qj,k} = 0$ por só haver uma carga variável, têm-se que:

$$F_d = (1,40)(583,35) + (1,40) \left(\frac{(6)(12,86)}{6,16 + \frac{0,40}{2} + \frac{0,25}{2}} \right)$$

$$F_d = 833,35 \text{ kN/m}$$



Ou

$$F_d = 833,35 \times \left(6,16 + \frac{0,40}{2} + \frac{0,25}{2} \right)$$

$$F_d = 5.404,27 \text{ kN}$$

Considerando que a resistência a compressão simples adotada é aquela encontrada por Cintra (2019) em seu trabalho no TMRJ, ou seja, 4,8 Mpa, têm-se que a resistência à compressão simples de cálculo é:

$$f_d = \frac{4,8}{2,0} = 2,4 \text{ MPa}$$

Quanto a resistência à compressão na flexão, têm-se que:

$$f_{cf} = 1,5 \times 2,4 = 3,6 \text{ MPa}$$

Já o índice de esbeltez pode ser obtido da seguinte maneira:

$$\lambda = \frac{4,00}{0,25} = 16$$

Sendo o índice de esbeltez menor que 24, trata-se de parede não esbelta.

Calculando a resistência da parede em estudo para a compressão simples e para a flexocompressão, respectivamente, obtêm-se que:

$$N_{rd} = 2.400 \times (0,25) \left(6,16 + \frac{0,40}{2} + \frac{0,25}{2} \right) \times \left[1 - \left(\frac{16}{40} \right)^3 \right] = 3.641,98 \text{ kN}$$

$$\frac{833,35 \times 10^{-3}}{(0,25) \left(6,16 + \frac{0,40}{2} + \frac{0,25}{2} \right) \times \left[1 - \left(\frac{16}{40} \right)^3 \right]} \leq 3,6 \rightarrow 0,54 \text{ MPa} \leq 3,6 \text{ MPa}$$

Ou seja, apesar da parede em estudo resistir quanto à flexocompressão, no que tange a compressão simples tem-se que $N_{rd} < F_d$ e, portanto, diante de todas as premissas adotadas, a instalação da biblioteca no 2º pavimento, na Sala 19, não seria possível de acordo com a verificação para o Estado Limite Último. Resta evidente que por questões



de segurança, a eventual biblioteca deve ser posta no 1º pavimento da edificação, onde certamente não causará prejuízos a estrutura.

Entretanto, vale apenas pontuar que se ao invés de adotar o coeficiente de ponderação das resistências igual a 2,0 – ou seja, redução de 50% da resistência – tivesse sido adotado o coeficiente 0,75 – redução de 25% da resistência – o resultado da verificação seria favorável a instalação da biblioteca. Senão vejamos:

$$f_d = 0,75 \times 4,8 = 3,6 \text{ MPa}$$

$$N_{rd} = 3.600 \times (0,25) \left(6,16 + \frac{0,40}{2} + \frac{0,25}{2} \right) \times \left[1 - \left(\frac{16}{40} \right)^3 \right] = 5.462,96 \text{ kN}$$

Nesse caso, $N_{rd} \geq F_d$. Fato que pode ser aceitável considerando, (a) que o Palacete encontra-se com a sua estrutura em bom estado de conservação e íntegra e (b) que a resistência à compressão obtida por Cintra (2019) trata-se da resistência à fissuração e que o material ensaiado atingiu o patamar de 6,0 MPa sem atingir a ruptura, permanecendo ainda no seu estado elástico.

6.1.2.2 Cenário provável de carregamento

O cenário mais provável é que salas de aula e áreas administrativas sejam instaladas no segundo pavimento da edificação, por questões de restrição de acesso, segurança e organização no uso da edificação. Tendo isso em vista, analisa-se a seguir, para a mesma parede crítica do item anterior, o caso da imposição do carregamento correspondente a uma sala de aula na Sala 19.



Assim, (i) considerando $\sum F_{G,k} = 583,35 \text{ kN/m}$, calculado anteriormente, (ii) considerando $\gamma_g = \gamma_q = 1,40$, $F_{Qj,k} = 0$, por só haver uma carga variável e o carregamento de uma sala de aula como carga variável principal, têm-se que:

$$F_d = (1,40)(583,35) + (1,40) \left(\frac{(3)(12,86)}{6,16 + \frac{0,40}{2} + \frac{0,25}{2}} \right)$$

$$F_d = 825,02 \text{ kN/m}$$

Ou

$$F_d = 825,02 \times \left(6,16 + \frac{0,40}{2} + \frac{0,25}{2} \right)$$

$$F_d = 5.350,25 \text{ kN}$$

Considerando que a resistência à compressão simples adotada é aquela encontrada por Cintra (2019) em seu trabalho no TMRJ, ou seja, 4,8 Mpa, têm-se que a resistência à compressão simples de cálculo é:

$$f_d = \frac{4,8}{2,0} = 2,4 \text{ MPa}$$

Quanto a resistência à compressão na flexão, têm-se que:

$$f_{cf} = 1,5 \times 2,4 = 3,6 \text{ MPa}$$

Tendo o índice de esbeltez $\lambda = 16$, anteriormente calculado e, portanto, sendo a parede não esbelta e calculando a resistência da parede em estudo para a compressão simples e para a flexo compressão, respectivamente, obtêm-se que:

$$N_{rd} = 2.400 \times (0,25) \left(6,16 + \frac{0,40}{2} + \frac{0,25}{2} \right) \times \left[1 - \left(\frac{16}{40} \right)^3 \right] = 3.641,98 \text{ kN}$$

$$\frac{825,02 \times 10^{-3}}{(0,25) \left(6,16 + \frac{0,40}{2} + \frac{0,25}{2} \right) \times \left[1 - \left(\frac{16}{40} \right)^3 \right]} \leq 3,6 \rightarrow 0,54 \text{ MPa} \leq 3,6 \text{ MPa}$$



Ou seja, apesar da parede em estudo resistir quanto à flexo compressão, no que tange a compressão simples tem-se que $N_{rd} < F_d$ e, portanto, diante de todas as premissas adotadas, a instalação de uma sala de aula no 2º pavimento, na Sala 19, não seria possível de acordo com a verificação para o Estado Limite Último.

Porém, o resultado obtido conduz a ideia de que a instalação de uma instituição de ensino no Palacete em estudo seria inviável sem a execução de obras de reforço estrutural. Apesar disso, analisando de maneira pormenorizada os dados e as premissas adotadas, tem-se que pelos critérios de norma a parede em estudo não suportaria o peso próprio da própria estrutura. Realizando os cálculos acima, imaginando o caso hipotético de que houvesse apenas o peso próprio da estrutura, obtêm-se:

$$F_d = (1,40)(583,35)$$

$$F_d = 816,69 \text{ kN/m}$$

Ou

$$F_d = 816,69 \times \left(6,16 + \frac{0,40}{2} + \frac{0,25}{2} \right)$$

$$F_d = 5.296,23 \text{ kN}$$

Assim, a estrutura não resistiria ao próprio peso, fato que certamente não é verdade, tendo em vista a integridade geral da estrutura e, principalmente da parede em análise, conforme fotografia a seguir colacionada, valendo pontuar que não se nota a presença de fissuras na referida parede.



Figura 6.5 - Parede em análise a direita da fotografia, em estado de conservação similar a parede retratada.

Diante disso, se extrai que os fatores de segurança adotados pela norma, em conjunto com o fato da utilização da resistência a fissuração obtida por Cintra (2019) de 4,8 MPa no TMRJ, se mostram demasiados elevados e podem conduzir a realização de obras de reforço estrutural que em realidade são dispensáveis. Portanto, reforça-se o anteriormente exposto no sentido (i) que a redução no coeficiente de ponderação da resistência pode ser realizada com segurança para retratar a realidade, reduzindo a resistência em apenas 25%, e (ii) que a realização dos ensaios não destrutivos para determinar a real resistência da alvenaria é indispensável para uma análise mais precisa.



6.2 Instalações Prediais

6.2.1 Metodologias investigativas

Tendo em vista todo o anteriormente exposto, sugere-se que sejam realizadas investigações das instalações prediais para: (i) gerar novas plantas de instalações hidráulicas, de esgoto, de águas pluviais e elétricas, tendo em vista a ausência e obsolescência de documentação referente a esses sistemas; (ii) certificar o atendimento às normas vigentes; (iii) garantir a qualidade e segurança geral dos sistemas hidrossanitário, elétrico e de águas pluviais; (iv) corrigir distorções e problemas na edificação que se acumularam ao longo do tempo de sua utilização devido a reformas realizadas sem devido acompanhamento, por exemplo. Assim, recomenda-se a execução das metodologias investigativas apresentadas neste trabalho para a análise das instalações prediais da edificação pelos seguintes motivos:

- Cadastramentos, mapeamento e vídeo inspeção de redes: para a realização do mapeamento de tubulações, identificando os componentes do sistema e possíveis problemas, obtendo um panorama do estado de conservação das instalações. Após a realização da inspeção são emitidos relatório técnico das patologias encontradas e seus diagnósticos além de uma planta ou croqui contendo as tubulações encontradas durante o mapeamento;
- Após o mapeamento e obtenção do panorama geral das instalações, podem ser realizados ensaios a fim de garantir o atendimento às normas, ao que diz respeito à vazão, pressão, volume de armazenamento, dimensões das tubulações etc. Esses ensaios são: teste pressostático; teste de estanqueidade; inspeção por ultrassom; teste de fluxo d'água; termografia; teste com traçador químico; pressurização com gás entre outros;



- Devido à ausência de documentação acerca do posicionamento, da quantidade e de demais informações quantitativas e qualitativas, se faz necessário primeiramente, a realização de um mapeamento das instalações elétricas. Isto poderia ser realizado por meio de investigações por termografia, por exemplo;
- Já para as verificações de tensão, corrente, isolamento etc., é recomendada a realização de ensaios como os de: continuidade dos condutores, incluindo proteção e equipotencialização; resistência de isolamento da instalação e tensão aplicada.

6.2.2 Proposição de soluções

Uma das dificuldades encontradas para a realização deste projeto de *retrofit* se dá pela necessidade de adequação das novas instalações prediais que são necessárias para garantir a segurança da edificação, como por exemplo, a instalação de sistema de proteção e combate a incêndio.

Usualmente, a tubulação do referido sistema é posicionada entre o forro e a laje do pavimento. Entretanto, o Palacete em estudo não possui forro, sendo o teto dos pavimentos a laje de concreto armado revestida com massa e pintura. A solução encontrada para permitir a passagem desta tubulação é a realização da instalação do forro de gesso acartonado, criando um espaço entre laje e forro de 15 a 20 cm que permite que a instalação de um sistema de proteção e combate a incêndio eficiente, mantendo ainda um pé-direito arquitetônico alto, de 3,90 a 3,95 m. Esta solução faz com que parte dos detalhes arquitetônicos de rodapé fiquem escondidos, mas sem danificá-los. A Figura 6.6 a seguir apresenta um esquema que permite visualizar a solução proposta.



Figura 6.6 - Parede em análise a direita da fotografia, em estado de conservação similar a parede retratada.

Além de permitir a instalação do sistema de proteção e combate a incêndio, a execução do forro permitirá ainda a execução de outras instalações prediais, como a passagem de cabeamento estruturado, sistemas elétricos e sistemas de CFTV, causando o menor impacto ao patrimônio edificado. Embora o esquema da Figura 6.6 demonstre o salão principal do primeiro pavimento, foi verificado que ela poderia ocorrer em todos os cômodos do Palacete.

Ademais, durante a visita técnica realizada, reparou-se também que provavelmente o teto do segundo pavimento, acima do vão da escada já possui o referido forro, instalado em algum momento posterior a construção, tendo em vista ser o único local que possui o pé direito mais baixo e encontra-se praticamente no meio da edificação, conforme pode-se observar nas Figuras 6.7 e 6.8.



Figura 6.7 – Desnível identificado no segundo pavimento, em cima do vão da escada quando da visita técnica.



Figura 6.8 – Solução proposta, 2º pavimento.



6.3 Acessibilidade

6.3.1 Proposição de soluções

As ações de *retrofit* propostas, ao que tange a acessibilidade, compreendem a incorporação de rampas, plataformas elevatórias e elevadores ao projeto da edificação para o acesso ao térreo e segundo pavimento. Por meio de análises em campo, concluiu-se que seria necessário somente a inclusão de uma rampa e um elevador ao projeto.

Foi identificado que o local ótimo para o posicionamento desses elementos seria no espaço posterior do edifício. A rampa poderia ser locada onde está atualmente uma das escadas de acesso ao térreo do edifício, valendo apenas lembrar que o térreo (1º pavimento) é elevado em cerca 1,0 m em relação ao nível do terreno. Já o elevador de acessibilidade poderia ser anexado a estrutura existente no lado esquerdo da fachada posterior, permitindo o ingresso ao segundo pavimento pela varanda, reduzindo o impacto à estrutura e ao acervo arquitetônico. As Figuras 6.9 e 6.10 apresentam fotografias da fachada posterior da edificação atual e com as alterações sugeridas, respectivamente.



Figura 6.9 – Fachada posterior da edificação



Figura 6.10 – Fachada posterior da edificação com a ilustração das soluções propostas

É possível observar, ao comparar as duas figuras, os efeitos que essas ações causariam ao edifício: cobriria a escada de acesso ao térreo e parte da fachada posterior esquerda, além de requerer o corte de parte do guarda corpo da varanda do segundo pavimento. A estética final do elevador poderia ser similar à obtida no *retrofit* realizado no Museu Rainha Sofia, em Madrid, na Espanha (Figura 6.11). Nota-se a escolha de uma estrutura com faces transparentes, buscando diminuir a disrupção que estes elementos causam na arquitetura do edifício.



Figura 6.11 – Museu Rainha Sofia, em Madrid, na Espanha
Fonte: García, 2011



7 CONCLUSÃO

Restou devidamente exposto ao longo do presente trabalho a importância de realização de obras de *retrofit* para preservar o patrimônio edificado da cidade, dando novas utilizações a edificações históricas, reintegrando-as no cotidiano da sociedade.

No que tange ao estudo de caso realizado no Palacete herdado pela Fundação Osorio, situado na esquina da Rua São Clemente com a Rua Dezenove de Fevereiro, conclui-se que:

- A realização de ensaios não destrutivos nas paredes autoportantes é de extrema importância para a obtenção de dados acerca das propriedades e características desses elementos estruturais, uma vez que sua construção se deu de maneira artesanal, tendo em vista a ausência de normas técnicas à época de sua construção. Sugere-se a realização de ilhas de investigação espelhadas no Palacete, para que os resultados de diferentes ensaios possam ser comparados e complementados com outros dados, para que seja obtida a maior precisão do panorama estrutural real da edificação. Sugere-se que sejam realizados ensaios de fotogrametria, ensaios de termografia infravermelha, ensaio de pacometria, ensaio de esclerometria, ensaio de ultrassom e ensaio de macaco plano;
- No que tange a verificação estrutural devido à mudança de uso da edificação, conclui-se que a estrutura será resistente aos novos esforços, valendo sempre ressaltar a importância da realização da manutenção e de vistorias prediais regulares para acompanhar a resposta da edificação ao longo de seu uso. Ademais, recomenda-se que no caso da existência de bibliotecas e similares, estes ambientes sejam instalados no pavimento térreo, a favor da segurança;



- Quanto às instalações prediais, é importante também realizar investigações para verificar sua integralidade e a eficiência do sistema, obtendo informações acerca da vazão, pressão e do volume de armazenamento – no caso das instalações hidrossanitárias -, e acerca da tensão, corrente, diâmetros dos fios e de possíveis danos nos pontos de isolamento – no caso das instalações elétricas. Assim sugere-se a realização das metodologias investigativas expostas no presente trabalho para a obtenção do mapeamento e cadastramento das instalações existentes, tendo em vista que não há documentação acerca do tema para auxiliar na tomada de decisões na realização do projeto de *retrofit*;
- Especificamente quanto ao sistema de proteção e combate a incêndio, e consequentemente a outras instalações não originais a edificação, como cabeamento estruturado e sistema de CFTV, a execução de forro se mostrou a melhor alternativa para preservar a estrutura do Palacete, embora sua realização acabe por ocultar um dos detalhes arquitetônicos do rodadeto;
- Em relação a acessibilidade, tema de extrema importância para uma edificação pertencente a União Federal, nota-se que uma ação é necessária ao constatar que o acesso ao pavimento térreo da edificação – 1,0 m acima do nível do terreno – é realizado por meio de escadas, assim como o acesso ao segundo pavimento. Após análises das plantas arquitetônicas e contatações *in loco*, conclui-se que a melhor alternativa com o menor prejuízo ao patrimônio arquitetônico da edificação seria a adaptação da fachada dos fundos da edificação para a instalação de um elevador externo, em caixa transparente, e de uma rampa sobre a escada atualmente existente, permitindo assim que todos os pavimentos da edificação possam ser acessados por pessoas com mobilidade reduzida;



- Quanto à manutenção do edifício, apesar de não estudada e sugeridas metodologias de intervenção, conclui-se que ações também devem ser tomadas quanto a esse sistema. Em visitas ao local foram observadas necessidade de: vedação das esquadrias, reforma no telhado, recuperação dos pisos, recuperação da claraboia, recuperação das esquadrias e pintura. Além disso, foram observados elementos arquitetônicos deteriorados como rodapés danificados, persianas integradas com sistema desgastado ou inutilizado e esquadrias avariadas, sendo assim são necessárias ações de retrofit para a recuperação desses elementos.

Assim sendo, o presente trabalho apresentou diversas soluções a serem consideradas no projeto de *retrofit* do referido Palacete, servindo como um norte para a administração da Fundação Osório no momento de efetivar a adaptação da edificação para o seu novo uso e auxiliando na tomada de decisão, além de ressaltar uma gama de pontos a serem considerados quando do planejamento para o projeto de um *retrofit*.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABUZEINAB, Amal; MOHAMMED Arif; MOHAMMAD Asim Qadri. **Barriers to MNEs green business models in the UK construction sector: An ISM analysis.** Journal of cleaner production, 160 (2017), pp.27-37.

AGARWAL, Ravi; GRASSL, Wolfgang; PAHL Joy. Meta-SWOT: Introducing a new strategic planning tool. **Journal of Business Strategy**, 30 de mar. de 2012.

AKKURT, G. G.; ASTE, N.; BORDERON, J.; BUDA, A.; CALZOLARI, M.; CHUNG, D.; COSTANZO, V.; DEL PERO, C.; EVOLA, G.; HUERTO-CARDENAS, H.E.; LEONFORTE, F. **Dynamic thermal and hygrometric simulation of historical buildings: Critical factors and possible solutions.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 118, pp. 109-509, 2020.

ALANNE, Kari. **Selection of renovation actions using multi-criteria “knapsack” model.** Automation in Construction, 13 (2004), pp.377-391.

AL-SALEH, Yasser; SAMI, Mahroum. **A critical review of the interplay between policy instruments and business models: greening the built environment a case in point.** Journal of cleaner production, 109 (2015), pp.260-270.

ARCHDAILY BRASIL. **Pinacoteca do Estado de São Paulo / Paulo Mendes da Rocha + Eduardo Colonelli + Weliton Ricoy Torres.** ArchDaily Brasil, 10 mai. 2015. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/787997/pinacoteca-do-estado-de-sao-paulo-paulo-mendes-da-rocha>> ISSN 0719-8906. Acesso em: 16 de nov de 2022.

ASADI, Ehsan; DA SILVA, Manuel Gameiro; ANTUNES, Carlos Henggeler; DIAS, Luís. **A multi-objective optimization model for building retrofit strategies using TRNSYS simulations, GenOpt and MATLAB.** Building and Environment 56 (2012): pp. 370-378.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120:** Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-1:** Alvenaria estrutural, Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2020.

ASQ – American Society for Quality. What is a Decision Matrix? **Quality Resources**, 2022.

AUTODESK. **O que é a BIM | Modelagem de informação da construção.** Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/solutions/bim>>. Acesso em: 10, set. de 2022.



BOONS, Frank; MONTALVO, Carlos; QUIST, Jaco; WAGNER, Marcus. **Sustainable innovation, business models and economic performance: an overview**. Journal of cleaner production, 45 (2013), pp.1-8.

BUDA, A. **Overview on the sustainability of energy retrofit choices for built heritage conservation**. 2019.

BUDA, Alessia; DE PLACE HANSEN, E.J.; RIESER, A.; GIANCOLA, E.; PRACCHI, V.N.; MAURI, S.; MARINCIONI, V.; GORI, V.; FOUSEKI, K.; POLO LÓPEZ, C.S.; Lo Faro, A. **Conservation-compatible retrofit solutions in historic buildings: An integrated approach**. Sustainability, v. 13, n. 5, p. 2927, 2021.

CAMINHA, Julia Vilela. **Botafogo e a sua Evolução Urbana: um retrospecto**. Encontro de Geógrafos da América Latina, Peru, pp. 1-20, 2013.

CHAVES NETO, F.; BRANDÃO, F.; DIÓGENES, Aldecira Gadelha; MESQUITA, E.; MARTINI, R. Application of GUT matrix in the assessment of pathological manifestations in heritage construction. **Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções - CBPAT 2018**, abr. 2018.

CHONG, Heap-Yih; LEE, Cen-Ying; WANG, Xiangyu. **A mixed review of the adoption of Building Information Modelling (BIM) for sustainability**. Journal of cleaner production 142 (2017): pp. 4114-4126.

CINTRA, Danielli Cristina Borelli; ROEHL, Deane Mesquita; SÁNCHEZ FILHO, Emil Souza; LOURENÇO, Paulo José Brandão Barbosa. **Metodologias para avaliação da integridade estrutural de cascas históricas**. Rio de Janeiro, 2019. 226 p. Tese de Doutorado - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

COELHO, Yeska. **Retrofit: o que é, como funciona e exemplos no Brasil**. CASACOR, São Paulo, 18 de mai. de 2021. Disponível em: <<https://casacor.abril.com.br/arquitetura/retrofit/#:~:text=Retrofit%20no%20Brasil,abrir%20m%C3%A3o%20da%20sua%20origem>>. Acesso em: 20 de ago. de 2022.

COURARD, Luc ; GILLARD, Anne; DARIMONT, Anne ; BLEUS, Jean-Marie; PAQUET, Pierre. **Pathologies of concrete in Saint-Vincent Neo-Byzantine Church and Pauchot reinforced artificial stone**. Construction and Building Materials, 34, pp.201-210. 2012.

D'ANGELO, Letizia; HAJDUKIEWICZ, Magdalena; SERI, Federico; KEANE, Marcus M. **A novel BIM-based process workflow for building retrofit**. Journal of Building Engineering 50 (2022): pp. 104-163.

DCS – Drain Cleaning Specialist. **Sewer Video Inspection**. Spring TX, EUA, 2020. Disponível em: <https://draincleaning-specialist.com/portfolio/sewer-video-inspection/>. Acesso em: 23 de nov. de 2022.



DE LORENZIS, Laura; TENG, Jin-Guang. **Near-surface mounted FRP reinforcement: An emerging technique for strengthening structures**. Composites Part B: Engineering, 1 de mar de 2007. pp. 119-143.

DIAKAKI, Christina; GRIGOROUDIS, Evangelos; KOLOKOTSA, Dionyssia. **Towards a multi-objective optimization approach for improving energy efficiency in buildings**. Energy and buildings 40, no. 9 (2008): pp. 1747-1754.

DRAZIN, R; VEN DE VEN, A. H. Alternative forms of fit in contingency theory. **Administrative Science Quarterly**, v. 30, p. 514-39, 1985.

DYSON, Robert G. Strategic development and SWOT analysis at the University of Warwick. **European Journal of Operational Research**, Inglaterra, v. 152, n. 3, p. 631-640, fev. 2004.

EUROPEAN COMMISSION. **Review of the energy performance of buildings directive, including the “smart financing for smart buildings” initiative**. (2015). Disponível em: http://ec.europa.eu/smart-regulation/roadmaps/docs/2016_ener_001_epbd_smart_buildings_en.pdf. Acesso em: 3 de out. 2022.

FALBEL, Anat; CABRAL, Maria Cristina. **“Outras” arquiteturas e “outros” arquitetos no espaço arquitetônico brasileiro nos inícios do século 20**. In: El modelo Beaux-Arts y la arquitectura en América Latina, 1870-1930. Transferencias, intercambios y perspectivas transnacionales. La Plata, 10 a 13 de abril de 2019.

FEHRINGER, D. Six Steps to better SWOTs. **Competitive Intelligence Magazine**, v. 10, n. 1, p 54-7, 2007.

FERREIRA JR., Jairo Borges. **Validação da técnica de macacos planos na avaliação da resistência de alvenaria existente executada com blocos vazados de concreto**. 2020. 184f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020.

FLUKE – Academy of Certified Training. **Verificação da instalação elétrica: Por que fazer?** 20 de jan. de 2020. Disponível em: https://www.flukeacademy.com.br/post/40/verifica%C3%A7%C3%A3o_da_instala%C3%A7%C3%A3o_el%C3%A9trica:_por_que_fazer. Acesso em 26 de nov. de 2022:

FONSECA, A. V. da. **Avaliação das causas dos danos e riscos de ruína e soluções de estabilização do Torreão/Baluarto Ponte da Muralha Medieval do Castelo de Guimarães**. Porto: Núcleo de Geotecnia, Instituto da Construção-FEUP, 2008.

FRANCO, Giovanna; MAGRINI, Anna; ACACIA, Simonetta; CARTESEGNA, Marco; CASANOVA, Marta; ALFANO, Francesca RD'Ambrosi; MUSSO, Stefano; DE SANTOLI, Livio. **Historical buildings and energy**. Cham, Switzerland: Springer, 2017.



GARCÍA, Luis. **Fachada noreste del Museo Reina Sofía (MNCARS) de Madrid (España)**. 2011. 1 fotografia. 4,320 × 3,160 pixels. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MNCARS_05.jpg. Acesso em: 25 nov. 2022.

GARLICH, M. The Concept of Strategic Fit. **Diplomica Verlag**, Hamburg, 2011.

GLASSIE, Henry. **Vernacular architecture**. Vol. 2. Indiana University Press, 2000.

HERMAWATI, Adya; MAS, Nasharuddin. **Mediation effect of quality of worklife, job involvement, and organizational citizenship behavior in relationship between transglobal leadership to employee performance**. International Journal of Law and Management (2017).

HIDROCENTER. Vídeo Inspeção. Disponível em: <http://www.hidrocenter.com.br/video-inspecao>. Acesso em: 18 de nov. de 2022.

HISTORIC ENGLAND. Energy Efficiency and Historic Buildings: **Application of Part L of the Building Regulations to Historic and Traditionally Constructed Buildings**. English Heritage: Swindon, UK, mar de 2012.

HOTTEC – Tecnologia preventiva. **Identificação de Problemas Elétricos com Sonaphone III**. São Paulo, 2022. Disponível em: http://www.hottec.com.br/sonaphone_cat_eletrica_3.php. Acesso em: 23 de nov. de 2022.

HOU, Jing; LIU, Yisheng; WU, Yong; ZHOU, Nan; FENG, Wei. **Comparative study of commercial building energy-efficiency retrofit policies in four pilot cities in China**. Energy Policy 88 (2016): pp. 204-215.

HOUBEN, G.; LENIE, K.; VANHOOF, K. A knowledge-based SWOT-analysis system as an instrument for strategic planning in small and medium sized enterprises. **Decision Support Systems**, v. 26, p 125-135, 1999.

IHBC - Institute of Historic Building Conservation. How to deal with retrofit risks. **Conservation Wiki**, 2020. Disponível em: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/How_to_deal_with_retrofit_risks. Acesso em: 15 set. de 2022.

INBEC. **O que é retrofit? Conheça exemplos no brasil**. INBEC Pós-Graduação, 23 de mar. de 2021. Disponível em: <https://inbec.com.br/blog/o-que-retrofit-conheca-exemplos-brasil>. Acesso em: 20 de ago. de 2022

JUSTIÇA DO RIO DE JANEIRO. Registro Civil das Pessoas naturais da 8ª Circunscrição 4ª Zona, Freguesia do Engenho Velho da Cidade do Rio de Janeiro. **Óbito Nº 2199**. Registro em: 20 jun. 1976.



KAKLAUSKAS, Arturas; ZAVADSKAS, Edmundas Kazimieras; RASLANAS, Saulius. **Multivariant design and multiple criteria analysis of building refurbishments**. *Energy and Buildings* 37, no. 4 (2005): pp. 361-372.

KIM, Jun Ha; JUAN, Yi-Kai; ROPER, Kathy; CASTRO-LACOUTURE, Daniel. **GA-based decision support system for housing condition assessment and refurbishment strategies**. *Automation in Construction* 18, no. 4 (2009): pp. 394-401.

LICHTENSTEIN, 1985 *apud* Cremonini, 1988, p. 41 *apud* Dal Molin, 1988, p. 176 *apud* Do Carmo, 2003, p. 09.

LIDELÖW, Sofia; ÖRN, Tomas; LUCIANI, Andrea; RIZZO, Agatino. **Energy-efficiency measures for heritage buildings: A literature review**. *Sustainable cities and society* 45 (2019): pp. 231-242.

LUKAS, B. A.; TAN, J. J.; HULT, J. T. M. Strategic fit in transitional economies: the case of China's electronics industry. **Journal of Management**, v. 27, p. 409-29, 2001;

MA, Zhenjun; COOPER, Paul; DALY, Daniel; LEDO, Laia. **Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art**. *Energy and buildings* 55 (2012): pp. 889-902.

MARTÍNEZ-MOLINA, Antonio; TORT-AUSINA, Isabel; CHO, Soolyeon; VIVANCOS, José-Luis. **Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: A review**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 61 (2016): pp. 70-85.

MATHIAS, Lucas. Confira 6 ferramentas para tomada de decisão nos negócios: Entenda quais as melhores ferramentas para utilizar em processos de tomada de decisão nos negócios. **MINDMINERS**, 6 de ago. de 2018. Disponível em: <https://mindminers.com/blog/ferramentas-para-tomada-decisao/>. Acesso em: 18 de nov. de 2022.

MCGRAW HILL CONSTRUCTION. **The business value of BIM for owners**. 2014. Disponível em: [http://i2sl.org/elibrary/documents/Business_Value_of_BIM_for_Owners_SMR_\(2014\).pdf](http://i2sl.org/elibrary/documents/Business_Value_of_BIM_for_Owners_SMR_(2014).pdf). Acesso em: 13 set. 2022.

MESQUITA, Esequiel; PAUPÉRIO, Esmeralda; ARÊDE, António; VARUM, Humberto. **Caracterização, avaliação e recuperação estrutural de construções históricas**. *Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y recuperación de la Construcción*, v. 11, n. 1, pp. 5-17, 2016.

MOHAMAD, Gihad. **Construções em Alvenaria Estrutural: materiais, projeto e desempenho**. Editora Blucher, 2021.

MONTEIRO, Daniele Kautz; CONCEIÇÃO, Rodolfo Santos Da. Retroanálise, Inspeção E Recuperação De Pontes Rodoviárias: Estudo De Caso: Ponte Sobre O Rio Das Pedras - Areaia Branca/Se. **XII CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS**, [s. l.], junho 2021.



MOURA, Lorena. Retrofit: confira os detalhes sobre a técnica que ganhou o mundo. **Revista SIM**. Disponível em: <https://www.revistasim.com.br/retrofit/>. Acesso em: 16 de nov. de 2022.

NAMURENYI, Christine; NIMMAGADDA, Shastri L.; REINERS, Torsten. Design of a SWOT Analysis Model and its Evaluation in Diverse Digital Business Ecosystem Contexts. **Procedia Computer Science**, v. 159, p. 1145-1154, 2019.

NIAM, Praveen Kumar; AKHTAR, Saleem. **Retrofitting practices in various categories of RCC structures—A comprehensive review**. Materials Today: Proceedings. 1 de jan de 2021, pp.7123-7131.

OLIVER, Paul. **Built to meet needs: Cultural issues in vernacular architecture**. Routledge, 2007.

ONOFRE, Aline Flores; GALVÃO, Renan Borelli; TORRECILHAS, Arthur Ribeiro; SCHWANTES-CEZARIO, Nicole; CAVIGLIONE, Gabriel Trindade; CHRISTONI, Amanda Regina Foggiao; VEDOVATTE, Rafael Misael; PIANUCCI, Marcela Navarro. **Application of the GUT technique in pathological manifestations in reinforced concrete structures and their corrections**. Research, Society and Development 10. 2021.

OSUNA, Edgar Elías; ARANDA, Alvaro. Combining SWOT and AHP Techniques for Strategic Planning. **ISAHP 2007**, Viña del Mar, Chile, August 2-6, 2007.

PINTO, D. S. S. **Sistema robotizado autônomo para inspeção de tubulações**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica e da Computação - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

RAMALHO, Márcio A.; CORRÊA, Marcio R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. 2003.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL - ESTADO DO RIO DE JANEIRO. 23º Ofício de Notas. **ESCRITURA de TESTAMENTO PÚBLICO que faz D^a FRANCISCA OSORIO MASCARENHAS**. Registro em: 6 ago. 1975.

ROMUTECH - **Manutenção e Ensaios. Aplicações da termografia na indústria contemporânea**. Ouro Branco – MG, Brasil, 2022. Disponível em: <https://romutech.com.br/aplicacoes-da-termografia-na-industria-contemporanea/>. Acesso em: 23 de nov. de 2022.

SARDIANOU, Eleni. **Barriers to industrial energy efficiency investments in Greece**. Journal of Cleaner Production 16, no. 13 (2008): pp. 1416-1423.

SARTORELI, Christian; CORTESE, Tatiana Tucunduva Phillipi. A importância do *retrofit* em edifícios históricos para a cidade de São Paulo: Estudo de caso Edifício Martinelli. **VI Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e**



Sustentabilidade; V Encontro Lu-Brasileiro de Estratégia. São Paulo, SP - Brasil. 13 e 14 de nov. de 2017.

SAYIGH, Ali. **Sustainable vernacular architecture: how the past can enrich the future.** Springer, 2019.

SCHWEBER, Libby; LEIRINGER, Roine. **Beyond the technical: a snapshot of energy and buildings research.** Building Research & Information 40, no. 4 (2012): pp. 481-492.

TORREGROSSA, Marco. **Energy-efficiency investment with special regard to the retrofitting of buildings in Europe.** Europe's energy transformation in the austerity trap (2015): p. 115.

UTMAAX - Inspeção. Ultrassom em Tubulações. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.utmaax.com.br/ultrassom-tubulacoes>. Acesso em: 23 de nov. de 2022.

VENKATRAMAN, N.; PRESCOTT, J.E. Environment-strategy coalignment: an empirical test of its performance implications. **Strategic Management Journal**, v. 11, p. 1-23, 1990;

VIDEOINSPEÇÃO. **Mapeamento de tubulações enterradas: aplicações da vídeo inspeção.** Disponível em: <https://videoinspecao.com.br/mapeamento-de-tubulacoes-enterradas/>. Acesso em: 18 de nov. de 2022.

VINE, Edward; HAMRIN, Jan; EYRE, Nick; CROSSLEY, David; MALONEY, Michelle; WATT, Greg. **Public policy analysis of energy efficiency and load management in changing electricity businesses.** Energy policy 31, no. 5 (2003) pp. 405-430.

VOLK, Rebekka; STENGEL, Julian; SCHULTMANN, Frank. **Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs.** Automation in construction 38 (2014): pp. 109-127.

WALKER, Iain. **Best practices guide for residential HVAC Retrofits.** Lawrence Berkeley National Lab. (LBNL), Berkeley, CA (United States), 11 de ago de 2003.

ZAJAC, E.J.; KRAATZ, M.S.; BRESSER, R.K. Modeling the dynamics of strategic fit: a normative approach to strategic change. **Strategic Management Journal**, v. 21, pp. 429-53, 2000.