



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

ESTUDOS PARA RESTAURAÇÃO DO ANTIGO CONVENTO DO CARMO

Lineker Bis Hoffmann

Projeto de Graduação apresentado ao
Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica,
da Universidade Federal do Rio de Janeiro,
como parte dos requisitos necessários à
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Sérgio Hampshire de C. Santos

Rio de Janeiro

Março de 2018

ESTUDOS PARA RESTAURAÇÃO DO ANTIGO CONVENTO DO CARMO

Lineker Bis Hoffmann

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinado por:

Prof. Sérgio Hampshire de C. Santos, D.Sc., POLI/UFRJ

Prof. Elaine Garrido Vazquez, D.Sc., POLI/UFRJ

Prof. Heloi José Fernandes Moreira, D.Sc., POLI/UFRJ

RIO DE JANEIRO, RJ- BRASIL.

MARÇO DE 2018

Hoffmann, Lineker Bis

Estudos para Restauração do Antigo Convento do Carmo/ Lineker Bis Hoffmann. - Rio de Janeiro: UFRJ / ESCOLA POLITÉCNICA, 2017.

VIII, 83 p.: il.; 29,7 cm

Orientador: Sérgio Hampshire C. Santos

Projeto de Graduação – UFRJ / POLI / Engenharia Civil, 2017.

Referencias Bibliográficas: p.71.

Agradecimentos

Aos meus pais, por me apoiarem e acreditarem incondicionalmente em mim, mesmo quando eu não acreditava em mim mesma.

Aos meus irmãos e à minha madrinha, por estarem sempre a uma ligação de distância e por sempre me incentivarem a ser a minha melhor versão.

Aos meus amigos, especialmente os da Ênfase em Estruturas, por compartilharem os momentos de alegria e sofrimento.

A todos os professores, pelo aprendizado, incentivo e, algumas vezes, amizade.

Ao meu orientador, por não desistir de mim e por me ajudar a encerrar um capítulo da minha vida e iniciar outro.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

ESTUDOS PARA RESTAURAÇÃO DO ANTIGO CONVENTO DO CARMO

Lineker Bis Hoffmann

Março/2018

Orientador: Sérgio Hampshire C. Santos

Curso: Engenharia Civil

RESUMO

Este trabalho se propõe a estudar o histórico estrutural do edifício do Antigo Convento do Carmo, que se localiza no centro do Rio de Janeiro. Tal edifício tem importância histórica por ser um dos primeiros edifícios da cidade, sendo assim tombado como Patrimônio Cultural e Arquitetônico pelo IPHAN. O trabalho apresenta o histórico da edificação, as principais características dos materiais utilizados para sua construção, o estado atual de preservação da estrutura e uma proposta de solução para a recuperação estrutural. Observou-se que as soluções propostas vão de encontro às expectativas do IPHAN com relação à preservação de edificações históricas e solucionam as necessidades de utilização.

Palavras-chave: Edifício Histórico, Alvenaria de Pedra, Recuperação Estrutural

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Civil Engineer.

STUDIES FOR RESTORATION OF THE FORMER CONVENTO DO CARMO

Lineker Bis Hoffmann

March/2018

Advisor: Sergio Hampshire de C. Santos

Graduation: Civil Engineering

ABSTRACT

This work proposes to study the structural history of the building that was known as Convento do Carmo, located downtown Rio de Janeiro. This building has historical importance as it is one of the first buildings of the city of Rio de Janeiro, and it is considered a cultural and architectural landmark by Brazilian authority IPHAN. The work presents the historical background of the building, main characteristics of the materials used in the construction, current state of preservation and a proposition for structural recovery. It has been observed that the propositions are related to IPHAN's expectations towards the preservation of historical buildings, solving the requirements for use.

Keywords: Historic Building, Stone Masonry, Structural Recovery

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	MOTIVAÇÃO.....	1
1.2	OBJETIVO	1
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO -	1
2	HISTÓRICO DA EDIFICAÇÃO	3
2.1	O CONVENTO DO CARMO – 1589 A 1808	3
2.2	A OCUPAÇÃO DA COROA PORTUGUESA – 1808 A 1889.....	6
2.3	DA REPÚBLICA AO TOMBAMENTO – 1889 A 1964.....	11
2.4	APÓS O TOMBAMENTO FEDERAL – 1964 AOS DIAS ATUAIS	14
3	INTERVENÇÃO EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS	17
3.1	CONCEITOS RELACIONADOS COM A INTERVENÇÃO EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS	17
3.2	PRINCÍPIOS DE RESTAURO.....	18
3.3	PRINCÍPIOS DE REABILITAÇÃO	19
3.4	NÍVEIS DE INTERVENÇÃO	20
3.5	CARACTERIZAÇÃO DAS ALVENARIAS DE PEDRA.....	21
3.5.1	TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO	21
3.5.2	CARACTERÍSTICAS DAS ALVENARIAS DE PEDRA.....	21
3.5.3	CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	22
3.5.4	CLASSIFICAÇÃO DAS ALVENARIAS	23
3.5.4.1	CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA.....	23
3.5.4.2	CLASSIFICAÇÃO DAS SEÇÕES TRANSVERSAIS DE ACORDO COM A TIPOLOGIA	24
3.5.4.3	CLASSIFICAÇÃO DA TIPOLOGIA DOS ALÇADOS	25
3.5.4.4	DETERIORAÇÃO DAS ALVENARIAS.....	26
3.6	CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO PREDIAL	27
3.6.1	CRITÉRIOS	27
3.6.2	LISTAGEM DE VERIFICAÇÃO	28
3.6.3	CLASSIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS	29
3.6.4	CLASSIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS QUANTO AO GRAU DE RISCO	32

4	CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO ATUAL DE CONSERVAÇÃO DO ANTIGO CONVENTO DO CARMO	34
4.1	CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS ESTRUTURAIS EXISTENTES	34
4.1.1	BLOCO 1	35
4.1.2	BLOCOS 02 E 03	37
4.1.3	RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DA INSPEÇÃO PREDIAL	38
5	PROPOSTA PARA RESTAURAÇÃO ESTRUTURAL DO ANTIGO CONVENTO DO CARMO	49
5.1	DEFINIÇÃO DOS CARREGAMENTOS ESTRUTURAIS	49
5.2	SOLUÇÃO ESTRUTURAL – BLOCO 01	51
5.3	SOLUÇÃO ESTRUTURAL PARA OS BLOCOS 02 E 03	52
5.4	VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL PRELIMINAR DO BLOCO 01	53
5.4.1	VERIFICAÇÃO PRELIMINAR DOS BARROTES DE MADEIRA	53
5.4.2	VERIFICAÇÃO PRELIMINAR DA TENSÃO NAS PAREDES	55
5.4.3	VERIFICAÇÃO PRELIMINAR DA TENSÃO NA FUNDAÇÃO ...	56
5.5	VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL PRELIMINAR DOS BLOCOS 02 E 03	57
5.5.1	PRÉ DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS METÁLICAS	57
5.5.2	PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE PILARES METÁLICOS	59
5.5.3	DIMENSIONAMENTO DO REFORÇO DA PAREDE	65
	- DEFINIÇÃO DOS CARREGAMENTOS	65
	- DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA LONGITUDINAL	69
	- DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA TRANSVERSAL	70
	- DETALHAMENTO	71
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

Ainda que o Brasil seja um país relativamente novo se comparado à países da Europa e Ásia, por exemplo, possui 517 anos de história e cultura. Em todas as sociedades ao redor do globo, a arquitetura é considerada uma expressão cultural a partir da qual se podem observar vestígios dos costumes da época. A preservação do patrimônio arquitetônico de uma civilização significa preservar parte da sua história e cultura.

A cidade do Rio de Janeiro, fundada em 1565, possui uma gama de edificações de diferentes períodos históricos, que guardam características específicas dos períodos em que foram construídos. Tais características não são somente arquitetônicas; incluem a análise dos materiais utilizados, das técnicas de construção e dos sistemas estruturais adotados, que mostram a evolução da sociedade e da tecnologia empregada na construção civil.

Considera-se que a vida útil das edificações comuns, como edifícios residenciais e comerciais seja de 50 anos. Comparando-se esse tempo à idade das edificações históricas presentes na cidade do Rio de Janeiro, percebe-se a discrepância desproporcional entre estas idades. Neste contexto, insere-se a engenharia de estruturas.

A função da engenharia estrutural no âmbito da restauração de edificações históricas se dá na procura das soluções que melhor se adequem à estrutura, ao seu atual estado de conservação e às necessidades dos novos usuários. A satisfação simultânea de todos estes fatores é o que representa o desafio aos engenheiros.

1.2 OBJETIVO

O principal objetivo deste trabalho é apresentar o histórico da edificação, fazendo uma retrospectiva dos materiais e técnicas construtivas utilizadas, apresentar o estado atual de conservação do edifício com base em visitas técnicas ao local e uma solução estrutural que esteja em acordo com as necessidades de utilização e que atenda aos requisitos impostos pelo IPHAN e pelo INEPAC. As soluções estruturais adotadas buscaram ser fiéis ao histórico da edificação, de acordo com a Carta de Cracóvia (2000) e com os princípios apresentados na Carta de Veneza (1964).

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO -

O presente trabalho é estruturado em seis capítulos, sendo o primeiro capítulo introdutório, apresentando de maneira superficial o tema a ser discutido ao longo do texto, sua motivação e os objetivos a serem alcançados.

O segundo capítulo tratará do histórico do Antigo Convento do Carmo. Nele será apresentado um histórico detalhado da edificação, partindo de sua construção.

O terceiro capítulo abordará o tema de reabilitação de edifícios históricos e fará uma caracterização das alvenarias de pedra, explorando os materiais utilizados, métodos construtivos, classificação das alvenarias e identificando os agentes responsáveis pela deterioração.

O quarto capítulo apresentará a caracterização do estado atual de conservação do edifício estudado.

O quinto capítulo apresentará as soluções estruturais adotadas para a edificação e a sua interferência com as necessidades do usuário e de preservação do patrimônio histórico e da cultura.

O sexto capítulo apresentará as considerações finais do trabalho.

Por fim, serão apresentadas as referências bibliográficas.

2 HISTÓRICO DA EDIFICAÇÃO

O Antigo Convento do Carmo é uma edificação histórica que se localiza no Rio de Janeiro, na Praça XV de Novembro, nº 101. O edifício foi considerado patrimônio histórico e foi tombado a nível federal pelo processo 0689-T-62, em 31 de julho de 1964 (inscrição no Livro Histórico nº 375) e a nível estadual pelo processo E-18/001.323/2008 em junho de 2008.

2.1 O CONVENTO DO CARMO – 1589 A 1808

Fundada em 1565, a cidade do Rio de Janeiro teve seus primeiros núcleos populacionais instalados próximos à Praia Vermelha, ao morro do Pão de Açúcar (na época conhecido como Morro Cara de Cão) e no alto do Morro do Castelo. No entanto, algumas ermidas começaram a surgir nas partes baixas da cidade. É o caso da ermida dedicada à Nossa Senhora do Ó, localizada no Terreiro do Ó, em frente à praia que ficou conhecida por alguns anos como Praia da Senhora do Ó e onde hoje se localiza atualmente a Praça XV de Novembro (ver Figuras 1 e 3).

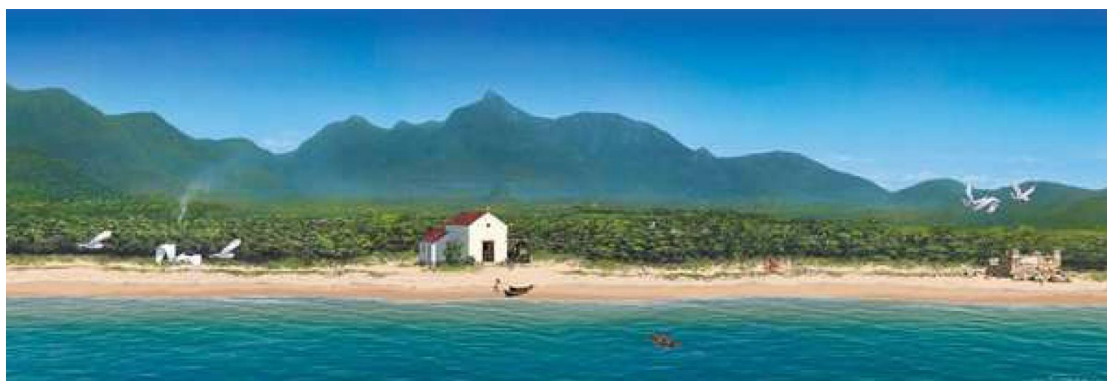


Figura 1 - Simulação artística de como seria a Praça XV de Novembro em 1580. Em vista pode ser observada a então chamada Praia da Senhora do Ó e edificação dedicada a Nossa Senhora do Ó. Fonte: PortalGeo,

Inicialmente, o local deveria ser ocupado por frades beneditinos com o objetivo de instalar uma casa da Ordem de São Bento. No entanto, os monges acabaram recebendo como doação o local que passou a ser conhecido como Morro de São Bento e lá se instalaram. Logo após, o local foi ocupado pela Ordem Carmelita, que instaurou ali o Convento do Carmo do Rio de Janeiro. Acredita-se que a ocupação da ermida existente tenha se dado em 1589, mas a construção efetiva do convento somente tenha se iniciado em 1590 (ver Figura 2).



Figura 2 - Simulação artística de como seria a Praça XV no final do século XVI. É possível observar a construção do Convento do Carmo à esquerda. Fonte: PortalGeo

A partir da análise das doações recebidas para a construção do convento, é possível identificar uma doação de pedra da Ilha das Enxadas, de onde os documentos oficiais indicam que vieram as pedras que formam os baldrames e paredes da edificação.

A arquitetura e tipologia adotadas na construção seguem a conformação tradicionalmente adotada para as edificações monásticas dessa ordem religiosa. Essa tipologia tem como característica ser uma estrutura robusta e sólida, continuando a prática iniciada na Idade Média. No entanto, não foram encontrados documentos ou plantas que mostrem com exatidão a conformação da edificação na época de sua construção.

Todavia, é possível afirmar, a partir da documentação existente e pela tipologia da fachada, que originalmente a construção contava apenas com dois pavimentos. Pode-se inferir também que a edificação era formada de alvenarias mistas de pedra, argamassa e cal.



Figura 3 – Vestígios arqueológicos da Ermida Nossa Senhora do Ó, situada sob a Igreja de Nossa Senhora do Carmo. Fonte: Agência Brasil

Pouco se sabe sobre os usos e as práticas do Convento do Carmo pelos monges Carmelitas durante os seus primeiros 200 anos de existência. No entanto, de acordo com a cronologia construtiva elaborada pelo IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional), a primeira reforma sofrida pelo Convento aconteceu em 1697 e a segunda foi efetuada em 1702. Não existe documentação que forneça informações sobre quais modificações foram efetuadas em cada uma destas reformas.

Em 1750, o convento foi reconstruído. Na reconstrução, o convento ganhou um terceiro piso. Acredita-se que nesta intervenção, o convento e a capela de Nossa Senhora do Carmo tenham sido unidas por torre.



Figura 4 – Representação da Praça XV de Novembro em 1808. Pode ser visto o Convento do Carmo ao fundo, ligado por torre à Capela de Nossa Senhora do Carmo. Ao lado, à direita, nova igreja inaugurada pelos Carmelitas no local da antiga igreja de Nossa Senhora do Ó. Fonte: Diário do Rio



Figura 5 – Simulação artística da Praça XV de Novembro em 1750. Fonte: PortalGeo

Em março de 1808, fugindo das invasões francesas, a família real de Portugal desembarcou no Porto do Rio de Janeiro. Moradores de várias edificações foram despejados para abrigar os novos oficiais do governo e a nova corte. Um destes edifícios foi o Convento do Carmo (ver Figuras 4 e 5).

2.2 A OCUPAÇÃO DA COROA PORTUGUESA – 1808 A 1889

A partir de 1808, a Ordem Carmelita passou a ocupar o antigo seminário de capela anexa de Nossa Senhora da Lapa do Desterro, que passou a se chamar de Nossa Senhora do Carmo da Lapa.

Assim sendo, o edifício que abrigava o Convento do Carmo passou por uma intervenção, quando D. João mandou construir gigantes (contrafortes) em uma das paredes de fachada, temendo o seu desabamento. Esses gigantes ainda hoje podem ser observados no local. Após a intervenção, o antigo Convento foi convertido em moradia de Dona Maria I, rainha de Portugal, e de parte da ala feminina da corte portuguesa, que foram instaladas nos segundo e terceiro pavimentos (ver Figura 6).

Em 1810, a Real Biblioteca foi instalada no segundo pavimento. Foi construído um passadiço de madeira ligando o antigo Convento ao Palácio do Rio de Janeiro, chamado Paço Real.



Figura 6 – Reprodução do desenho de Thomas Ender. O desenho mostra a antiga rua Direita, atual Avenida 1º de Março. Ao fundo é possível ver o passadiço que ligava o Paço Real ao antigo Convento do Carmo, à direita. Fonte: Enciclopédia Itaú Cultural

Em 1816, D. Maria veio a falecer, deixando D. João VI como herdeiro ao trono de Portugal. Os eventos históricos que se seguiram culminaram na declaração de independência do Brasil em 1822. D. Pedro foi coroado Imperador do Brasil na igreja de Nossa Senhora do Carmo (ver Figura 7).



Figura 7 – Obra “A coroação do Imperador Dom Pedro I do Brasil em 1822”, Jean-Baptiste Debret. Fonte: History Channel



Figura 8 – Obra “Cortège du baptême de la Princesse royale Da. Maria da Gloria”, Jean-Baptiste Debret. É possível observar detalhes da fachada do Antigo Convento do Carmo ao fundo. Fonte: Biblioteca Brasileira

A partir de 1822, o cenário da atual Praça XV de Novembro se tornou palco de grandes eventos históricos do Brasil Império. Dessa forma, é possível observar representações do Antigo Convento do Carmo em diversas obras de arte (ver Figuras 8 e 9).



Figura 9 – Litografia colorida da coroação de Dom Pedro II em 1841, por Auguste Moreau e Bulevot Heaton e Resenbburg. Fonte: Dutra Leilões

Em 1840, parte do edifício foi ocupada pelo Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro – IHGB. Em 1856, a seção do Convento que era conjugada com a então Capela Imperial (antiga capela de Nossa Senhora do Carmo) foi demolida para a abertura da Rua do Cano (que posteriormente seria renomeada como Rua Sete de Setembro). Com essa separação, foi necessária a construção de um passadiço conectando o antigo convento à Capela, para que a família Real pudesse se alcançar as suas tribunas sem que precisasse passar pela praça. Nessa intervenção, foram demolidos a torre que havia sido construída em 1750 e um dos vãos do próprio Convento.

Atualmente fazem parte da estrutura do Antigo Convento do Carmo dois edifícios laterais, com fachada voltada para a Rua Sete de Setembro. Em 1865, conforme pode ser observado nas Figuras 10 e 11, tais estruturas não existiam. A partir dessa percepção, acredita-se que essas estruturas anexas tenham sido construídas e incorporadas ao edifício principal no final do século XIX. Já na Figura 12, de 1870, tais estruturas podem ser identificadas.



Figura 10 – Fotografia por Marc Ferrez, mostrando a nova conformação do Antigo Convento do Carmo. Ao fundo, na esquerda, é possível ver parte do Convento, conectado pelo passadiço (mais baixo) com a Capela Real e a Igreja de Nossa Senhora do Carmo. Fonte: Veja



Figura 11 – Fotografia do Largo do Passo visto do Morro do Castelo, por Stahl & Wahnschaffe, em 1865. No centro da foto pode ser observado a fachada posterior do Antigo Convento. Ainda não são observadas as estruturas anexas que formam atualmente o complexo do Antigo Convento do Carmo. Fonte: IMS Fotografia



Figura 12 – Fotografia de George Leuzinger, de 1870, mostrando o Largo do Passo visto do Morro do Castelo. Ao centro pode ser observada a estrutura do Antigo Convento do Carmo. Encontram-se destacadas pelo círculo vermelho as estruturas anexas que hoje fazem parte do complexo. Fonte: IMS Fotografia

2.3 DA REPÚBLICA AO TOMBAMENTO – 1889 A 1964

No ano seguinte à Proclamação da República, em 1890, o novo governo brasileiro ordenou a demolição do sistema de passadiços existentes ligando o Antigo Convento do Carmo ao Paço Imperial e à Capela.



Figura 13 – Fotografia por Marc Ferrez, em 1903, mostrando a atual Praça XV de Novembro. Ao fundo é possível ver o Antigo Convento do Carmo, sem o passadiço que o conectava à Capela. Fonte: IMS Fotografia

Segundo registros em atas do IHGB, o Antigo Convento foi reformado em 1906. Nesta reforma, foram modificados elementos arquitetônicos da fachada, além de terem sido demolidas paredes internas e serem substituídos todos os assoalhos, tetos, paredes divisórias e parte da cobertura.

Em 1910, a Academia de Comércio do Rio de Janeiro é transferida do Largo São Francisco para a Praça XV de Novembro, ocupando agora o que é chamado de Bloco 02 do Antigo Convento do Carmo.

No esquema mostrado na Figura 15 é possível observar a segmentação de blocos que é utilizada hoje para identificação os edifícios que formam o complexo do que é hoje em dia considerado o Antigo Convento do Carmo. O Bloco 01 é o edifício principal, mais antigo, que efetivamente abrigou as instalações do Convento do Carmo na Praça XV de Novembro. Os Blocos 02 e 03 são mais recentes, datados do final do século XIX.

Em 1911, o então presidente do IHGB, Barão de Rio Branco, encomendou um elevador à W.S. Tyler Company de Cleveland, Ohio, EUA. Esse elevador foi instalado no Bloco 01 do Antigo Convento do Carmo e acredita-se que ele tenha sido o primeiro elevador de tração elétrica da Cidade do Rio de Janeiro. Tal elevador ainda encontra-se no local, e apesar de não realizar viagens por questões de segurança, encontra-se operacional, o que o classifica como o elevador mais antigo ainda em funcionamento no Brasil, mantendo as suas características originais.



Figura 14 – Foto da fachada do Antigo Convento. É possível observar a Rua Sete de Setembro e as fachadas dos Blocos 02 e 03. O Bloco 02 abriga a Academia de Comércio do Rio de Janeiro. Fonte: Veja



Figura 15 – Esquema mostrando a disposição dos Blocos do Antigo Convento do Carmo

Em 1913, o IHGB cessou suas atividades no Antigo Convento, cedendo o espaço para a Sociedade de Geografia do Rio de Janeiro. Tal instituição se retirou mais tarde para sua própria sede na Praça da República. Em 1919, passou a ocupar o Antigo Convento a Faculdade de Ciências Políticas e Econômicas do Rio de Janeiro. Em 1930 parte do edifício foi utilizada pelo Centro Dom Vital, promovendo palestras, reuniões e discussões com o objetivo de reunir a intelectualidade leiga católica. Em 1950 a Academia de Comércio se torna a Escola Técnica de Comércio Cândido Mendes. Ao mesmo tempo, é fundada a Faculdade de Direito Cândido Mendes, também sediada no edifício do Antigo Convento do Carmo.

Ainda em 1950, toda a quadra em que se situa o Antigo Convento foi adquirida pelo Banco do Brasil, que tinha como objetivo a demolição do prédio para a construção de sua nova sede. O deputado Getúlio Moura elaborou um projeto de lei pedindo o tombamento do patrimônio, argumentando os mais de três séculos de história, a presença da Ordem Carmelita e a sua importância como moradia da Família Real. Após um longo processo, que contou com forte atuação da imprensa carioca, foi efetivado o tombamento federal do Bloco 01. Ficou claro na certidão de tombamento que o restante da quadra poderia ser utilizado pelo Banco do Brasil para construção.

2.4 APÓS O TOMBAMENTO FEDERAL – 1964 AOS DIAS ATUAIS

Alguns anos após o tombamento se seguiu uma reforma no Antigo Convento, de forma a retirar as intervenções feitas em 1906 e restaurar detalhes existentes anteriores à reforma. O IPHAN, através dos arquitetos Augusto Carlos da Silva Telles, Lúcio Costa e Sérgio Porto, colaborou para a restauração. O edifício era ocupado na época pela Sociedade Brasileira de Instrução.

Nesta reforma, foram restauradas as peças de madeira da cobertura e as telhas francesas foram substituídas por telhas tipo canal. Foi retirado o enchimento que cobria a fachada antiga e concretada a cimalha superior, do beiral, conforme perfil da cimalha encontrada no Arco do Teles. As peças de cantaria das ombreiras e vergas foram restauradas por apicoamento ou rotação das superfícies estragadas e as bacias das sacadas foram reconstruídas em concreto aparente.

Em 1968, a proposta era manter a fachada tombada do Bloco 01 e demolir as construções correspondentes aos Blocos 02 e 03. Em seu lugar, seria construído um conjunto arquitetônico de dois blocos geminados, com alturas diferentes, que atenderiam as necessidades do Banco do Brasil, da Faculdade Cândido Mendes e do IPHAN. Em 1974 foi aprovado pela prefeitura o projeto de torre na parte posterior da quadra. Apesar de protestos contra a construção da torre sob a argumentação de causar descaracterização dos entornos da Praça XV de Novembro, o projeto foi aprovado também pelo IPHAN.

Durante a construção da torre, em 1976, foi realizada perícia nos edifícios históricos e foram relatadas diversas trincas em toda a edificação. A perícia concluiu, no entanto, que as trincas não apresentavam risco à segurança e estabilidade estrutural do edifício tombado. Dessa forma, foi proposto que as trincas mais evidentes fossem fechadas com selos de gesso e que fosse feito um acompanhamento geral para adoção de medidas de reforço.

No ano de 1982, as salas de aula da Faculdade Cândido Mendes foram transferidas para a torre recém-finalizada. O Bloco 01 sofreu algumas intervenções com o intuito de restaurar o *layout* inicial do edifício. Pode-se citar a demolição de edificações anexas à fachada posterior, intervenções nesta mesma fachada de modo a liberar os jogos de massa originais, os gigantes e as perspectivas das janelas posteriores, a demolição de um cômodo anteriormente utilizado como depósito e uma parede no primeiro pavimento.

Após tais intervenções, o Antigo Convento do Carmo passou a abrigar algumas salas de aula, as divisões administrativa e assistencial e um Centro de Cultura da Universidade Cândido Mendes. Existe registro de uma solicitação feita pela Sociedade Brasileira de Instrumentação para reforma do telhado e do reboco externo, mas não existe documentação indicando autorização por parte do IPHAN para realização da obra ou se ela foi de fato executada.

Em 1997 a Faculdade de Ciências Políticas e Econômicas do Rio de Janeiro se agregou à Universidade Cândido Mendes. Assim, houve reformulação do uso dos espaços do Antigo Convento, que agora passa a abrigar a Reitoria, a Escola Superior Cândido Mendes, o Fórum Universitário Cândido Mendes e a Galeria do Centro Cultural Cândido Mendes. Foram feitas adequações do *layout* interno do edifício para acomodação dos novos usos, mas não foram encontradas referências acerca das interferências executadas.

Em 2008, o Instituto Estadual do Patrimônio Cultural do Rio de Janeiro, INEPAC, tombou a edificação a nível estadual. Neste processo, não só o Bloco 01 como também os Blocos 02 e 03 também foram tombados, assim como o pátio da Universidade Cândido Mendes, que é considerado como área de proteção e ambiência. Em 2010 a Universidade deixou o edifício e foi determinada a sua ocupação pela Secretaria de Cultura do Estado.

Um resumo geral das Intervenções e Usos é mostrado no Quadro 1 a seguir.

QUADRO 1 - INTERVENÇÕES E USOS	
DATA	INTERVENÇÃO
1589/1590	Construção do Convento do Carmo. Edificação de alvenaria mista de pedra, cal e argamassa, possuindo dois pavimentos
1697	Primeira reforma. Não foram encontradas referências documentais ou bibliográficas sobre as modificações executadas
1702	Segunda reforma. Não foram encontradas referências documentais ou bibliográficas sobre as modificações executadas
1750	Terceira reforma. O Convento ganhou um terceiro pavimento. Acredita-se que tenha sido nessa intervenção que o Convento e a Capela tenham sido unificadas por torre
1761	Inauguração da reconstrução da igreja anexa ao Convento
1808	A Ordem Carmelita é desalojada do Convento do Carmo e relocada para que a edificação possa ser utilizada como moradia de parte da família Real Portuguesa. São construídos quatro contrafortes na fachada posterior do Convento. É alojada a Rainha D. Maria I no terceiro pavimento, a ala feminina da corte no segundo e no térreo foi feita a Ucharia do Paço
~1810	Construção de passadiço para ligação do Convento com o Palácio. A Biblioteca Real é instalada no segundo pavimento
1840	O Convento passa a abrigar o IHGB em uma das salas do terceiro pavimento
1856	Demolição da ala do Convento anexa à Capela para a passagem da Rua do Cano e subsequente necessidade de construção de passadiço conectando o Convento à Capela Imperial
1890	Demolição do sistema de passadiços
1906	Redecoração da fachada frontal. Demolição e substituição dos assoalhos, tetos, paredes divisórias e de parte da cobertura
1911	Instalação do elevador
1964	Tombamento federal. Com isso, foi feita reforma para retirar as intervenções arquitetônicas feitas em 1906. Foi concretada cimalha superior conforme perfil encontrado sobre o Arco do Teles. As bacias das sacadas foram reconstruídas em concreto
1974 a 1982	Construção da torre no terreno adjacente. Foi feita também demolição de parte de estruturas anexas à fachada posterior
1997	Readequação do espaço interno. Não foram encontradas documentações sobre as modificações realizadas
2008	Tombamento estadual
2010	Desocupação do prédio

3 INTERVENÇÃO EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS

3.1 CONCEITOS RELACIONADOS COM A INTERVENÇÃO EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS

No Brasil, a reabilitação de edifícios históricos é feita seguindo preceitos definidos pelo IPHAN. Mas os conceitos relacionados a intervenções diferenciam-se dependendo das características de cada edifício. As intervenções podem ser manutenção, conservação, restauro, reconstrução e reabilitação.

A Carta de Cracóvia define como conservação “o conjunto de atitudes de uma comunidade dirigidas no sentido de tornar perdurável o património e os seus monumentos. A conservação é feita no respeito pelo significado da identidade do monumento e dos valores que lhe estão associados” (CARTA DE CRACÓVIA, 2000).

A mesma carta define como manutenção “o conjunto de ações decorrentes de programas de intervenção dirigidas a manter os objetos de interesse cultural em condições ótimas de integridade e funcionalidade, especialmente depois de terem sofrido intervenções excepcionais de conservação e/ou restauro” (CARTA DE CRACÓVIA, 2000).

Assim, as práticas de manutenção e de conservação se diferenciam umas das outras, uma vez que a conservação é a prática de preservar os elementos pré-existentes, retardando sua degradação e a manutenção são as ações periódicas, tomadas no sentido de manter sistemas da edificação funcionando e íntegros.

Segundo SOUSA (2016), o conceito de restauro é “baseado, principalmente, em intervenções monumentais em elementos de reconhecido valor cultural, respeitando os princípios da conservação e fundamentando-se num cuidadoso conhecimento prévio que vise restituir ao objeto, nos limites do possível, uma relativa legibilidade e, sempre que necessário o seu uso. Consiste numa intervenção dirigida sobre um bem patrimonial, com vista à conservação da sua autenticidade e à sua apropriação pela comunidade”.

A reconstrução, por sua vez, pode ser parcial ou total, sendo que a reconstrução total só deve ser feita em casos de edifício que “tenha sido destruído por um conflito armado ou por uma catástrofe natural, só é aceitável se existirem motivos sociais ou culturais excepcionais, que estejam relacionados com a própria identidade da comunidade local” (CARTA DE CRACÓVIA, 2000).

A reconstrução parcial é recomendada, segundo SOUSA, (2016) em casos de desaparecimento recente e drástico, estando ligado à perpetuidade da arquitetura, com ação preservadora do patrimônio e de ter em conta a historiografia. Admite que algo reconstituído nunca será o original mas similar a este, enquadrando-se a reconstrução na teoria do restauro.

Reabilitação é definida como obra que tem por intuito a recuperação e a reintegração física da construção. Procura melhorar o desempenho das funções,

reorganizando os espaços internos, mas mantendo o esquema estrutural e o aspecto exterior original.

Conforme forem apresentadas as soluções estruturais adotadas para o Antigo Convento do Carmo, será observado que as práticas de intervenção utilizadas serão diferentes de acordo com os diferentes níveis de preservação da edificação. Para o Bloco 01, será feito restauro e reabilitação da edificação, enquanto que nos Blocos 02 e 03, apesar de estes também sofrerem restauro em algumas partes da edificação, terão também uma parcela de reconstrução.

3.2 PRINCÍPIOS DE RESTAURO

Segundo a Carta Do Restauro (1972), “entende-se por restauração qualquer intervenção destinada a manter em funcionamento, a facilitar a leitura e a transmitir integralmente ao futuro os edifícios de interesse histórico”.

Segundo o mesmo documento, em seu anexo B, as restaurações arquitetônicas devem “ser limitadas ao mínimo, conservando escrupulosamente as formas externas e evitando alterações sensíveis de características tipológicas, da organização estrutural e da sequência dos espaços internos”.

Os trabalhos de restauração devem ser precedidos de pesquisa profunda sobre o monumento a ser restaurado, sob todos os aspectos. A execução da restauração, por ser um trabalho repleto de operações delicadas e de grande responsabilidade, deve ser feita sempre por empresa especializada.

A principal exigência da restauração é respeitar e resguardar a autenticidade dos elementos construtivos. Conforme a CARTA DO RESTAURO (1972), “no caso de paredes em desaprumo, por exemplo, mesmo quando surgir a necessidade peremptória de demolição de reconstrução, há que se examinar primeiro a possibilidade de corrigi-los sem substituir a construção original”.

Os princípios de restauro são então conforme a seguir:

- Conservar a autenticidade da obra: qualquer adição deve ser reconhecível e diferente do original;
- Os materiais e técnicas novas utilizadas deverão ser facilmente distinguíveis dos originais;
- Partes da edificação antiga que sejam eliminadas por quaisquer motivos deverão ser expostas próximas ao monumento restaurado;
- Toda e qualquer alteração efetuada deverá ser registrada, acompanhada de relatório fotográfico das várias fases da obra. Esse registro deve ser exposto dentro do próprio monumento ou em local próximo apropriado;
- Deve ser feita inscrição assinalando a data das alterações feitas.

3.3 PRINCÍPIOS DE REABILITAÇÃO

A reabilitação de edifícios históricos tem como finalidade solucionar eventuais danos físicos, construtivos ou ambientais que, caso não sejam sanados, podem levar à ruína da edificação histórica.

A reabilitação também tem como objetivo assegurar a longevidade do patrimônio histórico para as futuras gerações. De acordo com Sousa (2016), “podemos definir o conceito de reabilitação como sendo um conjunto de ações destinadas à conservação e ao restauro das partes importantes, tanto a nível estético como histórico, conferindo a possibilidade de reutilização do edifício alvo”.

As ações de reabilitação devem priorizar a utilização dos elementos estruturais e materiais existentes, respeitando tanto quanto possível o sistema estrutural já existente.

Diversos acordos nacionais e internacionais dão diretrizes que devem ser seguidas nas intervenções a edificações históricas. Entre estes estão a Carta do Restauro, a Carta de Atenas, a Carta de Cracóvia, a Carta de Veneza, entre outros. A partir desses documentos é possível identificar os três princípios da reabilitação:

- Autenticidade, de forma que a reabilitação respeite as características morfológicas e tipológicas que refletem a arquitetura onde a edificação está inserida;

- Compatibilidade, de forma a garantir os níveis de conforto, higiene e segurança requeridos pelas normas atuais;

- Reversibilidade, reutilizando sempre o máximo possível de elementos originais e partes da construção antiga. Reduzir ao máximo o uso de materiais ou técnicas modernas, mas, quando for inevitável, as soluções adotadas devem ser compatíveis com os materiais e técnicas pré-existentes, respeitando as características físico-químicas e mecânicas da construção. Ademais, as intervenções devem ser facilmente identificáveis e devem obedecer aos princípios da reversibilidade, não comprometendo a possibilidade de intervenção futura e permitindo sempre a possibilidade de reversão da intervenção feita.

Os materiais utilizados devem, preferencialmente, ser semelhantes aos originais, assim como as técnicas construtivas adotadas.

A escolha dos materiais também deve ser feita com base na durabilidade destes. Em edifícios históricos, a exigência da durabilidade é mais acentuada que nos edifícios modernos, uma vez que eles possuem tempo de vida muito superior a estes. Não é recomendável que se utilizem materiais com baixa vida útil (10 a 20 anos) em edificações centenárias, pois existe a possibilidade real de que esta intervenção terá problemas em um futuro próximo (SOUSA, 2016).

3.4 NÍVEIS DE INTERVENÇÃO

Segundo SOUSA, 2016, a reabilitação pode ser classificada segundo níveis, descritos abaixo:

- Nível 1: Reabilitação Ligeira
- Nível 2: Reabilitação Média
- Nível 3: Reabilitação Profunda
- Nível 4: Reabilitação Excepcional.

O esquema abaixo mostra, de forma resumida, a evolução dos níveis de reabilitação.



Figura 16 – Caracterização dos níveis de reabilitação. SOUSA (2016)

3.5 CARACTERIZAÇÃO DAS ALVENARIAS DE PEDRA

3.5.1 TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO

As construções históricas constituídas de paredes de alvenaria de pedra foram usualmente edificadas com materiais de fácil aquisição, extraídos de jazidas próximas ao local de construção. São constituídas por uma gama de pedras de diversos tamanhos e formas, mas em geral formados do mesmo material, assentadas com argamassa de cal aérea.

O processo construtivo consiste, primeiramente, na execução da fundação. No caso do Antigo Convento do Carmo, é possível observar, a partir de janela de prospecção e pelo conhecimento das fundações das edificações vizinhas construídas em períodos semelhantes, que as fundações foram executadas em pedra argamassada abaixo das paredes, no sistema de baldrames. A primeira etapa da construção dos baldrames de pedra é a marcação do terreno, com indicações da largura das paredes e localização das aberturas das portas. Determinado onde estes serão implementados, segue a escavação do terreno, seguida do assentamento das pedras até o nível do terreno. As pedras utilizadas para a execução dos baldrames possuem dimensões maiores que as utilizadas nas paredes. Pode ser utilizada argamassa de cal ou argila para regularização.

A elevação da alvenaria segue então, assentando-se as pedras em camadas de argamassa. Os espaços entre fiadas de pedras são preenchidos por argamassa, restos de pedra de menores dimensões e outros materiais (pedaços de blocos cerâmicos ou outro tipo de entulho). Faz-se necessário molhar as pedras ao assentá-las. Também é recomendável assentá-las pela parte mais lisa, de forma a garantir maior estabilidade e maior adesão à argamassa (BINDA *et al.*, 2003).

3.5.2 CARACTERÍSTICAS DAS ALVENARIAS DE PEDRA

Rosa (2013) destaca em seu trabalho as principais características das alvenarias de pedra. Estas são citadas abaixo.

- Heterogeneidade, devida à presença de diferentes materiais (pedra, argamassa, cal) e pelo próprio processo executivo que não possui controle de qualidade;
- Adesão reduzida entre a argamassa e a pedra;
- Necessidade de elevada espessura, aumentando assim o peso próprio;
- Limitação da altura das edificações;
- Argamassa com fraca coesão nas juntas e no enchimento;
- Porosidade elevada devido à presença de vazios na parede, o que leva a um alto teor de umidade;
- Possibilidade de existência de paredes intermediárias com funções estruturais;

- Elevada inércia térmica devido à espessura da parede;
- Bom isolamento acústico, também devido à espessura da parede;
- Alta resistência aos esforços de compressão;
- Baixa (ou nula) resistência aos esforços de tração;

3.5.3 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

3.5.3.1 Pedras

As pedras utilizadas eram, em geral, retiradas de locais próximos à obra. No caso do Antigo Convento do Carmo, é conhecida a origem dos materiais, que vieram de jazida na Ilha das Enxadas, que é parte do arquipélago de Santa Bárbara, na Baía de Guanabara. As pedras não possuem regularidade de dimensões, sendo assentadas da melhor maneira possível para que as fiadas estivessem relativamente niveladas. Entre fiadas, era colocada argamassa, de modo a aumentar a estabilidade e criar melhor aderência entre as pedras.

Eram preferidas pedras de formato irregular sobre as pedras arredondadas. Quando necessário, eram executados talhos nas pedras arredondadas para que estas perdessem essa característica. Segundo BINDA *et al.*, 2003, isso era feito pois o formato arredondado é desfavorável à estabilidade da parede.

3.5.3.2 Argamassa

A partir da análise de amostras de argamassa coletadas de edifícios históricos, é possível perceber que as alvenarias antigas eram construídas com argamassa de cal aérea. A cal aérea é um dos ligantes artificiais mais antigos conhecidos pelo homem. É um aglomerante resultante da calcinação de rochas calcárias (CaCO_3) a uma temperatura menor que a temperatura de fusão do material (de 850 a 900°C). O processo de endurecimento da cal aérea acontece na presença de ar, que fornece o gás carbônico que reage com o hidróxido de cálcio presente na cal para formar carbonato de cálcio (COUTINHO, 1988).

As características das argamassas são citadas a seguir.

- Boa capacidade de deformação;
- Baixa resistência mecânica;
- Alta absorção capilar;
- Alta permeabilidade ao vapor d'água;
- Baixa resistência a ciclos de gelo e degelo.

3.5.4 CLASSIFICAÇÃO DAS ALVENARIAS

As alvenarias de pedra existem em diversas conformações. Para entender como os modelos matemáticos atuais se relacionam com as antigas estruturas e criar um modelo estrutural que seja capaz de prever com segurança o comportamento futuro das edificações históricas, é necessário que se entenda o comportamento das paredes autoportantes. As diferentes conformações das alvenarias estruturais antigas têm comportamentos estruturais distintos.

A classificação das alvenarias de pedra pode ser dada analisando os seguintes aspectos (ROSA, 2013):

- Geometria da parede;
- Composição da seção transversal (propriedades dos elementos, disposição das pedras, presença ou não de argamassa);
- Características da alvenaria como um todo.

No geral, para edifícios históricos, a resistência dos materiais e a sua rigidez são de difícil determinação. Além disso, esses parâmetros para a parede com um todo são diferentes das características de cada material em separado.

3.5.4.1 CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA

Antes de classificar as paredes, é importante uma identificação visual dos materiais que formam a parede, sua disposição e existência de vazios. Binda *et al.*, (2000), sugerem uma metodologia de inspeção visual que consiste em se tirar fotografias das seções que se deseja classificar e medir a porcentagem de pedra, argamassa e vazios presente. Sugere também que sejam medidos os tamanhos dos vazios e sua distribuição.



Figura 17 – Alvenaria de Pedra. Binda *et al.*, 2000, sugerem que sejam tiradas fotos da alvenaria e a partir destas seja determinado a porcentagem de pedra, argamassa e vazios existentes para uma caracterização preliminar da estrutura.

Fonte: CECI

As informações dessa forma adquiridas são importantes para se definir a geometria e o comportamento mecânico das paredes. As diferenças entre os tipos de parede se devem a diversos fatores, entre eles a diversidade de material, a evolução dos métodos construtivos e a diferenças culturais regionais no método de construção.

3.5.4.2 CLASSIFICAÇÃO DAS SEÇÕES TRANSVERSAIS DE ACORDO COM A TIPOLOGIA

Os primeiros estudos sobre o comportamento mecânico das alvenarias antigas foram feitos por GIUFFRÈ (1990). Ele analisou diversas construções antigas em alvenaria de pedra a procura de padrões de construção. Seu trabalho foi continuado por Binda *et al.*, (2000), cujos resultados são resumidos no quadro mostrado na Figura 17.

Pode então ser feita a classificação das paredes pela tipologia da sua seção transversal. Parâmetros como o número de panos e o tipo de conexão entre panos é um dos fatores de referência na avaliação do comportamento mecânicos das paredes de alvenaria de pedra.

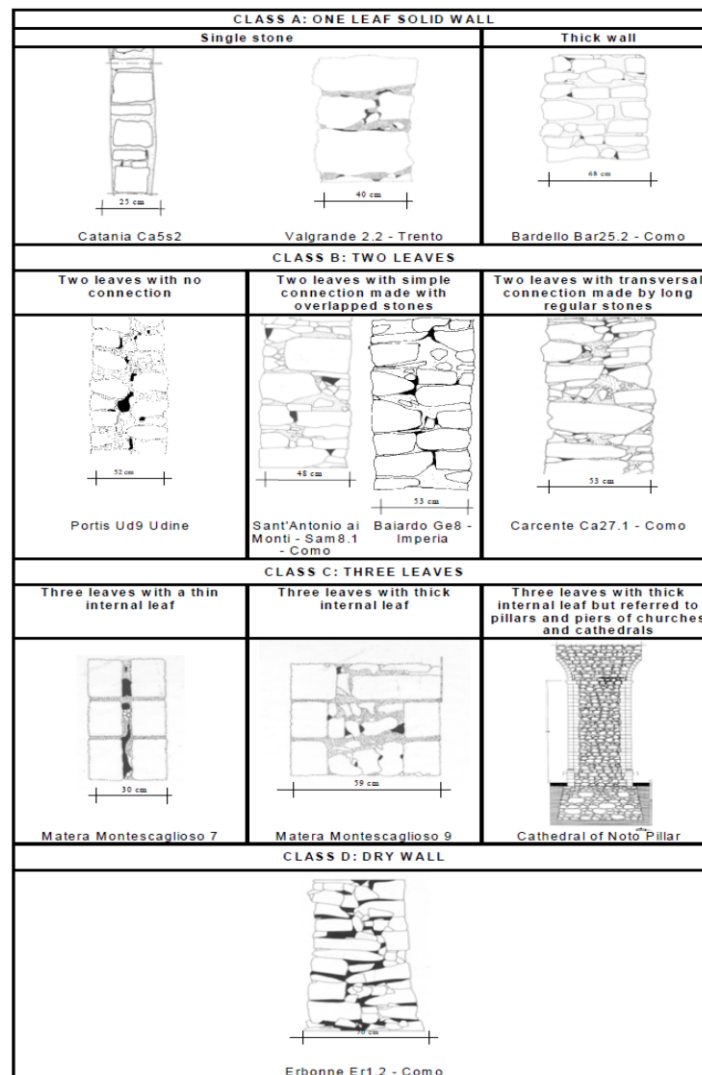


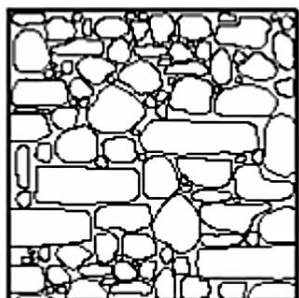
Figura 18 – Classificação dos tipos de alvenaria de pedra. Fonte:Binda *et al.*, 2002

3.5.4.3 CLASSIFICAÇÃO DA TIPOLOGIA DOS ALÇADOS

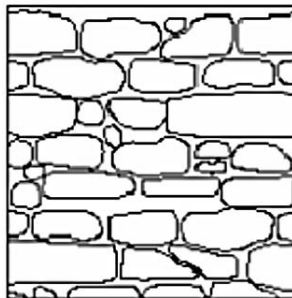
A classificação mostrada aqui é uma representação da feita pelo *Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti*, um grupo italiano de pesquisa científica. Essa classificação leva em consideração o tipo de assentamento e os tipos de acabamento.

A classificação de acordo com o tipo de acabamento leva em consideração as juntas e pode ter a seguinte classificação:

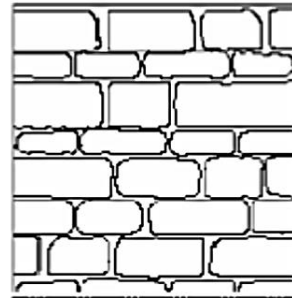
- Juntas desalinhadas;
- Juntas irregulares alinhadas e
- Juntas regulares alinhadas.



Juntas desalinhadas



Juntas irregulares alinhadas

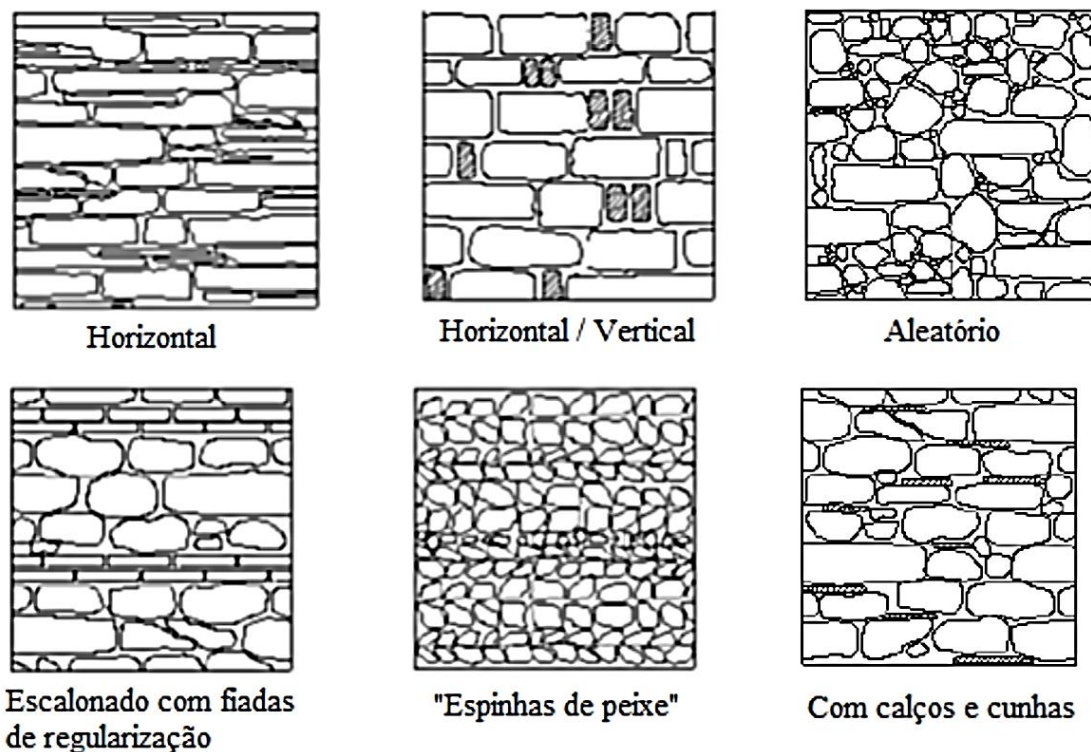


Juntas regulares alinhadas

**Figura 19 – Exemplo de classificação de acordo com o tipo de acabamento.
Fonte: Paigamo, 2004**

A classificação pelo tipo de assentamento está relacionada com a disposição e a regularidade das superfícies de assentamento:

- Horizontal;
- Horizontal / Vertical;
- Aleatório;
- Escalonado com fiadas de regularização;
- “Espinha de peixe”;
- Com calços e cunhas.



**Figura 20 – Exemplo de classificação de acordo com o tipo de assentamento.
Fonte: Paigamo, 2004**

3.5.4.4 DETERIORAÇÃO DAS ALVENARIAS

Os principais sinais de deterioração das alvenarias sujeitas a carregamentos são a formação de fissuras verticais e o destacamento dos panos externos em alvenarias que possuem mais de um pano.

As fissuras verticais são geralmente atribuídas à ação do peso próprio da parede, não às sobrecargas estruturais ou outras ações externas. No entanto, elas podem ser majoradas por ação dos ventos e variações térmicas e higroscópicas.

O peso próprio elevado das alvenarias e sua característica não homogênea leva a estados elevados de tensões de compressão. Os estados de tensão levam a deformações que aumentam gradualmente durante o tempo, aumentando também a degradação. Sendo o estado de tensões elevado o suficiente, pode haver colapso repentino da estrutura por deformação excessiva.

Além da degradação causada pelos carregamentos, as alvenarias de pedra também podem sofrer ataques físicos, químicos e biológicos, que modificam as propriedades dos materiais e reduzem a sua resistência. A porosidade (característica das alvenarias de pedra) e a existência ou não de camada de proteção da alvenaria são fatores que influenciam na velocidade de degradação.

O desgaste da estrutura pode se manifestar somente na superfície, na forma de eflorescências, porosidade elevada, destacamentos entre outros, que são visíveis, ou pode se manifestar no interior. Para detectar o desgaste da estrutura em seu interior são necessários ensaios. A classificação de diversas ações em estruturas é resumida na Figura 20.

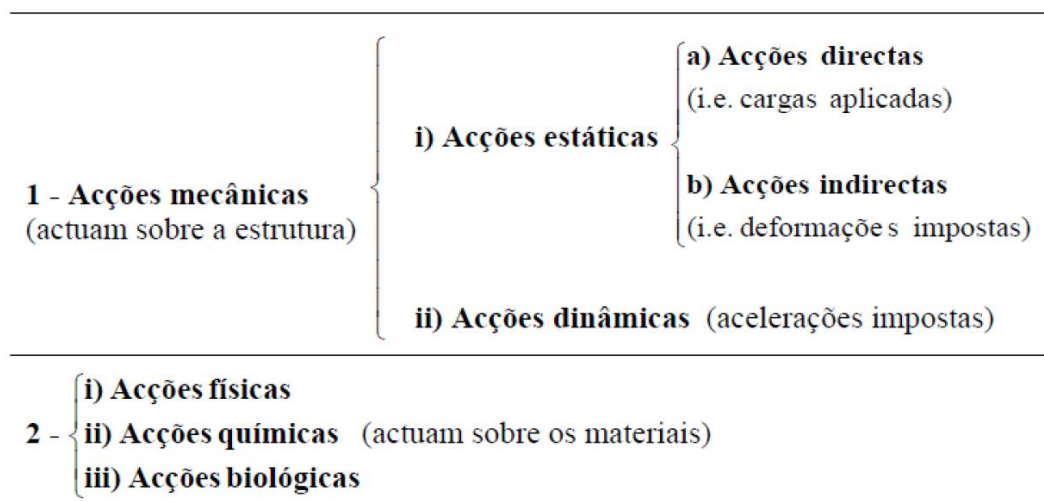


Figura 21 – Classificação dos diferentes tipos de ações em estruturas. Fonte: Rosa, 2013

3.6 CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO PREDIAL

Foi feita, a partir de visitas ao Antigo Convento do Carmo, inspeção predial de forma a analisar as condições de conservação das estruturas e posteriormente propor solução estrutural que melhor solucionasse, tanto as necessidades das novas instalações que este irá abrigar, como atendesse aos preceitos descritos no Capítulo 4.

Para tanto, foi desenvolvida uma listagem de verificação das anomalias a serem observadas no local e uma classificação de tais anomalias.

3.6.1 CRITÉRIOS

Tomando como base os documentos “Diretrizes Técnicas – Inspeção de Manutenção Predial”, “Autovistoria – Avaliação Predial” e “Norma de Inspeção Predial – IBAPE/SP” (IBAPE, 2007), os critérios utilizados baseiam-se na análise do risco que a estrutura oferece ao usuário, ao meio ambiente e ao patrimônio, levando em consideração aspectos técnicos, de uso, operação e manutenção da edificação.

A análise de risco consiste em classificar as anomalias e falhas identificadas na estrutura quanto a diversos fatores como grau de urgência, segurança, funcionalidade, comprometimento da vida útil, perda de desempenho, entre outras.

3.6.2 LISTAGEM DE VERIFICAÇÃO

A lista de verificação consiste nos itens e inadequações a serem observadas nas inspeções. A Tabela 1 mostra os itens principais e secundários a serem observados e a importância de tais ocorrências na determinação do grau de risco da estrutura.

Tabela 1 – Listagem de verificação

ITEM PRINCIPAL	ITEM SECUNDÁRIO	IMPORTÂNCIA NA DETERMINAÇÃO DO GRAU DE RISCO
FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS	Fissuras aparentes na alvenaria estrutural, de pequena espessura ou comprimento	Pouco Importante
	Fissuras aparentes na alvenaria estrutural, de grande espessura ou comprimento	Importante
	Fissuras nos barrotes de madeira de sustentação dos assoalhos	Importante
	Falhas ou fissuras na estrutura de sustentação dos telhados	Importante
MODIFICAÇÕES DIMENSIONAIS APARENTES	Flecha em estrutura de sustentação dos telhados	Importante
	Modificação do prumo das paredes estruturais	Importante
	Modificação do prumo de paredes não estruturais	Pouco Importante
	Modificação de caimento de assoalhos e lajes	Importante
PATOLOGIAS	Degradação das paredes, telhados	Importante

ITEM PRINCIPAL	ITEM SECUNDÁRIO	IMPORTÂNCIA NA DETERMINAÇÃO DO GRAU DE RISCO
CAUSADAS POR AGENTES EXTERNOS	e assoalhos por água ou infiltrações	
	Degradação biológica de estruturas ocasionada por cupins	Importante
	Degradação do telhado e estrutura de suporte por ação de intempéries	Importante
	Degradação da estrutura da edificação por trepidação devido ao tráfego	Pouco Importante
	Degradação da estrutura da edificação por movimentos ocasionados por obras vizinhas	Importante
	Patologias devidas a intervenções realizadas na edificação (aumento de carga, reparos mal realizados, etc.)	Importante
	Patologias devidas à classe de agressividade ambiental local	Importante
PATOLOGIAS CAUSADAS PELA VIDA ÚTIL AVANÇADA	Diminuição da capacidade portante dos elementos estruturais devido à idade	Importante
	Diminuição da resistência da madeira dos assoalhos e das estruturas de suporte devido à idade	Importante

3.6.3 CLASSIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS

Segundo as Normas de Inspeção Predial do IBAPE (2007), as anomalias podem ser classificadas conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação das anomalias

TIPOS DE ANOMALIAS	
ENDÓGENA	
DE PROJETO	Consistem em anomalias que provêm de falhas no projeto. No caso estudado aqui, sendo a edificação muito antiga, não se encontram projetos estruturais. Não há informação se sequer existiu algum projeto. Portanto, avalia-se essa anomalia pela falta de projeto
DE EXECUÇÃO	Ocasionadas pelo método executivo falho, fator muito comum numa época em que não se havia conhecimento dos mecanismos de controle de qualidade, nem uniformidade na execução, ainda com utilização de mão de obra não qualificada
DEVIDAS AOS MATERIAIS	Utilização de materiais com pouca resistência ou durabilidade, desconhecimento das técnicas e características dos materiais disponíveis à época da execução da edificação
EXÓGENA	
REFORMAS COM MODIFICAÇÃO DE CARGA E DESCONHECIMENTO DA ESTRUTURA ORIGINAL	Anomalias causadas pelo uso da estrutura para fins não previstos, com reformas feitas sem o devido conhecimento estrutural e aumento das solicitações sem a devida preocupação.
DEVIDAS AO TRÁFEGO LOCAL	O tráfego de veículos mais pesados e que alcançam velocidades muito maiores que na época da construção causam vibrações que podem causar danos à estrutura.

TIPOS DE ANOMALIAS	
DEVIDAS A OBRAS VIZINHAS	<p>A construção de edificações mais modernas no entorno de construções históricas tem impacto nessas últimas, uma vez que sua estrutura é mais rígida e mais sensível a possíveis recalques ou alterações no solo. Pode ser citada, para o caso específico do Convento, a construção de uma torre com quatro subsolos e do VLT.</p>
NATURAL	
INTEMPÉRIES	<p>Anomalias devidas às ações do meio ambiente. Para o Rio de Janeiro, estando localizado em região de clima tropical úmido, a ação do meio ambiente sobre a estrutura se dá pela variação de temperatura, temperaturas extremas no verão e chuvas torrenciais</p>
GRAU DE AGRESSIVIDADE DO AMBIENTE	<p>Refere-se às anomalias causadas pela agressividade do meio em que se encontra a edificação, devido à proximidade ou presença de agentes que possam danificar a estrutura. Especificamente para o Convento do Carmo, nota-se a proximidade do edifício com a Baía de Guanabara, que além da salinização da água, também apresenta altos níveis de poluição, que podem gerar danos à estrutura.</p>
SOLO	<p>A qualidade do solo de fundação pode influir diretamente nas anomalias encontradas. Solos com baixa capacidade de carga podem sofrer recalques acentuados. A variação de maré, nas proximidades da Baía, também pode causar problemas nas fundações.</p>
FUNCIONAL	

TIPOS DE ANOMALIAS	
DEVIDAS AOS USUÁRIOS	Os usuários podem ser causadores de anomalias nas edificações por uso indevido. Isso se acentua quando se trata de um edifício histórico, como o Convento do Carmo, uma vez que a função do edifício não foi a mesma durante a sua vida e diferentes pessoas fizeram uso deste.
MANUTENÇÃO FALHA	Manutenção é uma importante etapa para a preservação das condições de uso de uma edificação. Quando a manutenção é falha, surgem anomalias na estrutura. Conforme já dito anteriormente, o Convento do Carmo, sendo um edifício histórico, teve diferentes usos e ocupações ao longo dos anos. Isso dificulta que seja feita uma avaliação da manutenção que foi dada à edificação. Nota-se também que a preocupação com manutenção é uma questão recente e que não deve ter sido considerada inicialmente.

3.6.4 CLASSIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS QUANTO AO GRAU DE RISCO

O grau de risco de uma anomalia será classificado conforme a classificação encontrada na Norma de Inspeção Predial do IBAPE (2007), a qual descreve três níveis de graus de risco, conforme reproduzido na Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação das anomalias quanto ao grau de risco

GRAU DE RISCO	
MÍNIMO	Anomalia que causa pequenos prejuízos estéticos, mas sem incidência ou probabilidade de ocorrência de

GRAU DE RISCO	
	<p>riscos críticos ou regulares. Recomenda-se programação e intervenção em médio prazo.</p>
REGULAR	<p>Anomalia que pode causar perda de funcionalidade, mas que não prejudica a operação direta dos sistemas. Refere-se também à perda pontual de desempenho, deterioração precoce e pequena desvalorização. Recomenda-se a programação e intervenções em curto prazo.</p>
CRÍTICO	<p>Anomalia que pode causar danos contra a saúde e segurança dos usuários ou meio ambiente. Podem referir-se também a falhas ou anomalias que causam perda excessiva de desempenho, de forma que causem paralizações, aumento de custo, comprometimento da vida útil e desvalorização acentuada. Pode ser classificada em crítico e crítico emergencial. Para este último recomenda-se intervenção imediata.</p>

4 CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO ATUAL DE CONSERVAÇÃO DO ANTIGO CONVENTO DO CARMO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS ESTRUTURAIS EXISTENTES

A caracterização dos sistemas estruturais existentes foi feita a partir de visitas técnicas e inspeções visuais no edifício. A caracterização foi dividida em Bloco 01 e Blocos 02 e 03. De acordo com o histórico da edificação apresentado no Capítulo 3, o Bloco 01 é mais antigo e tombado tanto a nível federal como a nível estadual. Os Blocos 02 e 03, por serem mais novos e de menor valor histórico, é tombado somente a nível estadual.

Eles são apresentados aqui separadamente, pois, por terem sido construídos em épocas distintas, possuem diferentes conformações e seu restauro será tratado de maneira distinta. A figura apresenta planta a divisão de Blocos considerada. Em verde está destacado o Bloco 01, em azul o Bloco 02 e em vermelho o Bloco 03.

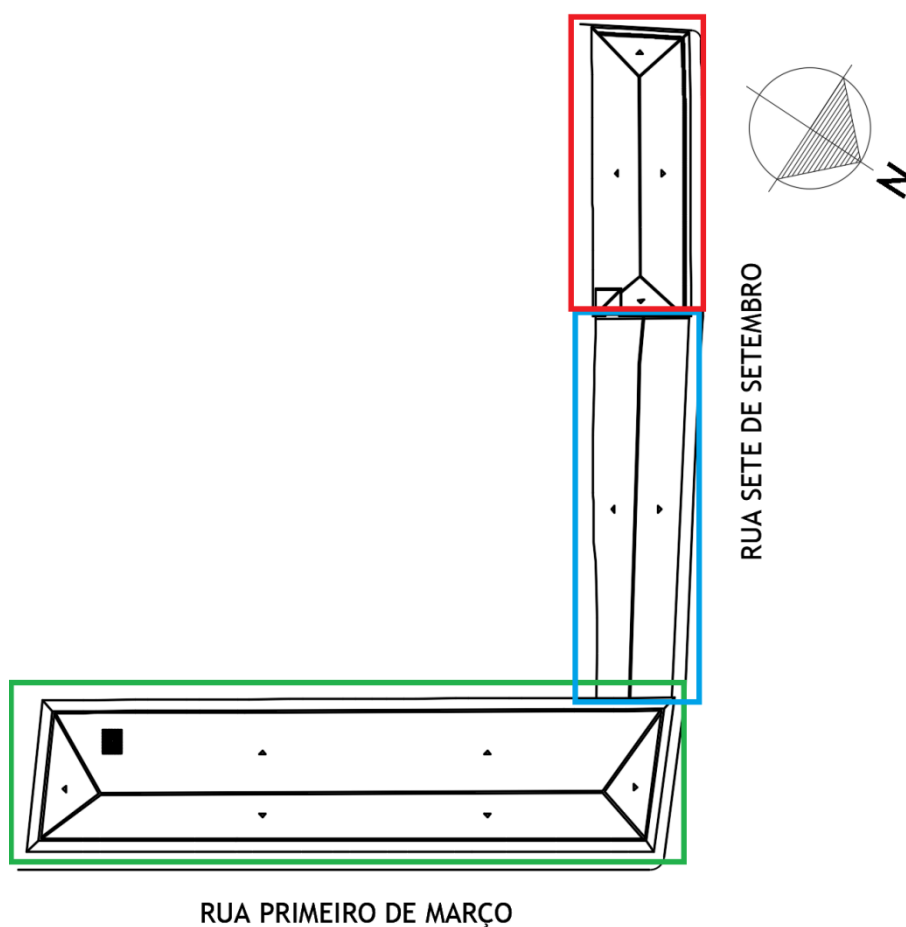


Figura 22 – Divisão dos Blocos no Antigo Convento do Carmo

4.1.1 BLOCO 1

O sistema estrutural observável no Bloco 01 é composto por alvenaria portante de rocha ou mista, com a presença de blocos cerâmicos maciços em alguns pontos. Tal alvenaria suporta o telhado, este com tesouras em madeira, apoiado nas extremidades na alvenaria estrutural. A mesma alvenaria ainda suporta os assoalhos de madeira do segundo e terceiro pavimentos, conforme mostrado na Figura 23, cuja estrutura é formada por barrotes de madeira apoiados na alvenaria, que suportam as solicitações de peso próprio do assoalho e as sobrecargas existentes. Existe ainda neste Bloco a presença de sótão. Pela observação da estrutura e comparação do sistema estrutural adotado para o sótão e para o restante da estrutura, conclui-se que o sótão é mais recente que o restante da estrutura e que o seu piso deve ser em laje de concreto armado que se apoia também na alvenaria estrutural mais antiga. Não existem informações sobre as fundações do edifício, embora observação de um furo de inspeção executado no Bloco 02 sugira que esta seja em enrocamento de pedra.

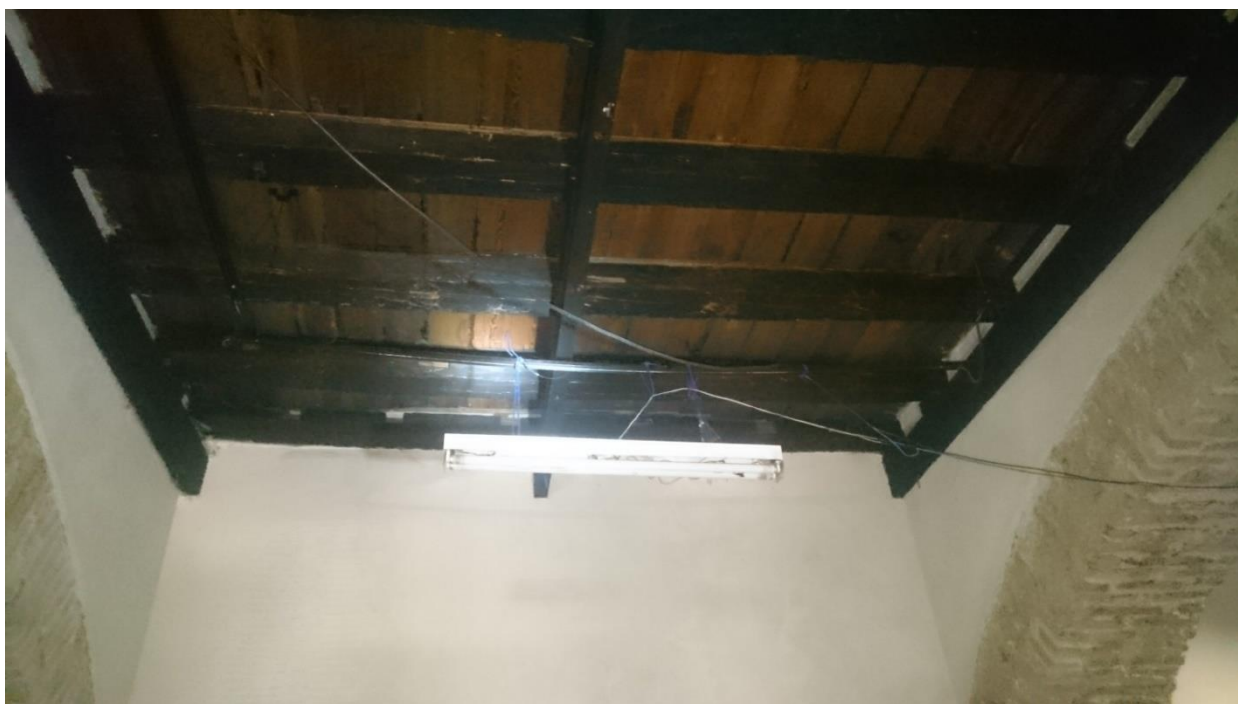


Figura 23 – Estrutura suporte do piso do segundo pavimento, com os barrotes que sustentam o assoalho se apoiando sobre a alvenaria estrutural. Fonte: acervo pessoal



Figura 24 – Arcos em alvenaria de blocos maciços. Fonte: acervo pessoal

Conforme dito, a estrutura do Bloco 01 é composta por alvenaria portante em rocha em sua maior parte. Alguns trechos possuem alvenaria estrutural mista, sendo notada a presença de tijolos maciços. Isso é exemplificado pela presença dos tijolos maciços aparentes nos arcos presentes na sala 1-A, conforme mostra a Figura 24. Há também exposição da alvenaria portante em outros trechos, o que corrobora a hipótese assumida. A Figura 25 mostra a planta baixa do primeiro pavimento do Bloco 01, onde as paredes que foram consideradas como estruturais estão mostradas com hachura cheia na cor cinza. Também são mostradas as projeções dos arcos presentes no primeiro pavimento em linha tracejada.

O piso do primeiro pavimento do Bloco 01 é, aparentemente, composto por placas de rocha. Os pisos do segundo e terceiro pavimentos são em madeira, sendo a estrutura composta por barrotes apoiados na alvenaria portante. O quarto pavimento e os banheiros presentes no terceiro pavimento possuem laje maciça de concreto armado que descarregam na alvenaria portante pré-existente. No entanto, por serem frutos de reformas recentes, devem ser demolidos de forma a restaurar as condições originais e históricas do edifício. O telhado do Bloco 01 é formado por tesouras de madeira e suporta telhas cerâmicas. Está apoiado nas paredes estruturais.

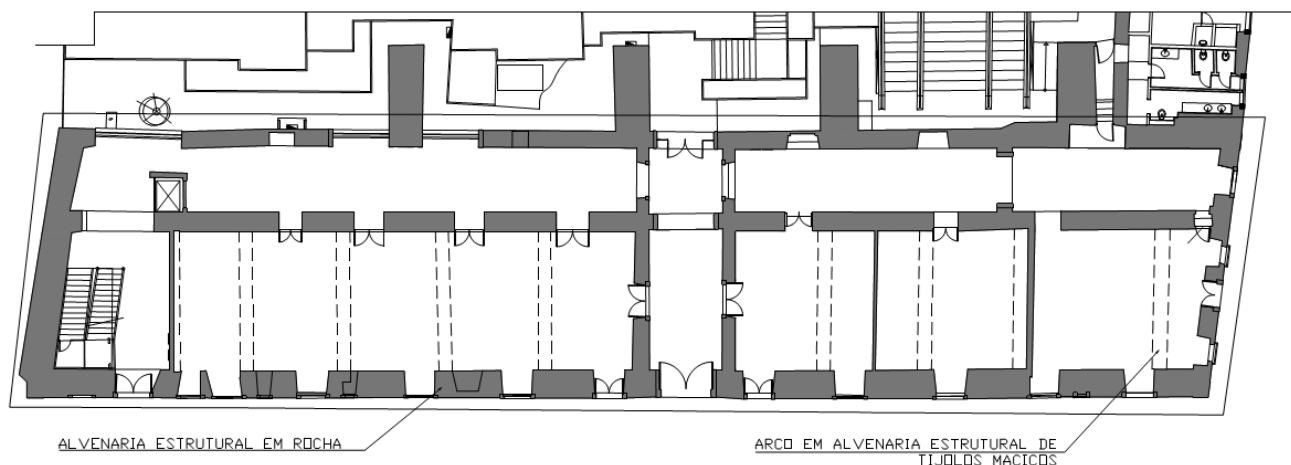


Figura 25 – Planta baixa do Pavimento Térreo o Bloco 01

4.1.2 BLOCOS 02 E 03

O sistema estrutural observado nos Blocos 02 e 03, seguindo o modelo adotado no Bloco 01, é composto por alvenaria portante em rocha, com presença ocasional de blocos cerâmicos maciços. A alvenaria suporta o telhado, formado por estrutura em tesouras de madeira, e os pisos do segundo pavimento dos Blocos 02 e 03 e do terceiro pavimento, exclusivo do Bloco 03. Tais pisos são formados por barotes de madeira que suportam o assoalho de madeira presente, assim como quaisquer possíveis sobrecargas, e descarregam nas alvenarias. No Bloco 03, é observada a presença de alguns perfis de aço suportando o piso do segundo pavimento, sendo suportados pela alvenaria estrutural. No primeiro pavimento do Bloco 02 é observada a presença de estruturas de aço que formam mezaninos e escadas. Estas estruturas estão, aparentemente, apoiadas em parte nas paredes estruturais e em parte no piso do primeiro pavimento. Assim como no Bloco 01, não existem informações disponíveis sobre as fundações, embora se presuma que sejam em enrocamento de pedra. Os Blocos 02 e 03 são separados fisicamente por uma parede em alvenaria estrutural.

Conforme dito anteriormente, a estrutura dos Blocos 02 e 03 é semelhante à encontrada no Bloco 01, sendo formada por alvenaria portante em rocha ou mista com tijolos maciços. No entanto, no Bloco 02 existem estruturas secundárias em aço no primeiro pavimento, formando escadas e mezaninos, conforme mostrado na Figura 26 em vermelho. Na Figura 26 também pode ser observada a alvenaria estrutural que forma os Blocos, representada como a área com hachura na cor cinza. De forma análoga ao Bloco 01, o piso do primeiro pavimento dos Blocos 02 e 03 são formados por placas de rocha e do segundo e terceiro pavimentos são formados por pisos de madeira que se apoiam em barotes, também de madeira e descarregam na alvenaria estrutural. Assim como no Bloco 01, também existem banheiros e divisões recentes, que devem ser

demolidos para a restauração do edifício. Os banheiros que não estão localizados no pavimento térreo possuem laje própria, que assim como aqueles presentes no Bloco 01, se apoiam sobre a alvenaria portante existente. Assim como as outras estruturas desse tipo, estes devem ser demolidos de forma a restaurar a forma original do edifício.

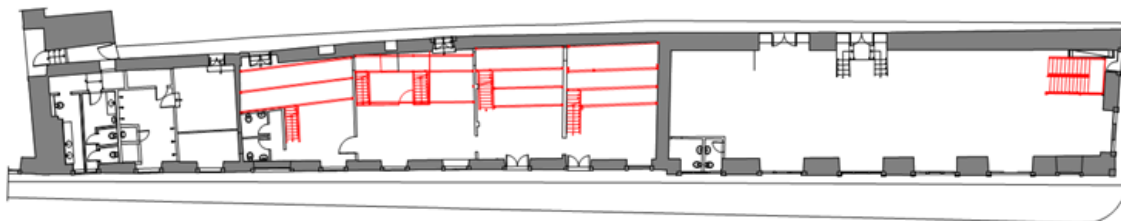





Figura 26 – Planta baixa do pavimento térreo dos Blocos 02 e 03




4.1.3 RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DA INSPEÇÃO PREDIAL

A Tabela 4 mostra as inconformidades encontradas, assim como o grau de risco que cada uma delas representa. A tabela está separada por Blocos para melhor entendimento. Algumas das anomalias encontradas foram observadas em diversos pontos na edificação, conforme pode ser notado.

Tabela 4 – Lista de inconformidades encontradas no Bloco 01

BLOCO 01			
FOTO	ANOMALIA	GRAU DE RISCO	DIAGNÓSTICO
	Defeitos e imperfeições dos assoalhos tais como rachaduras, fissuras e buracos	CRÍTICO	Redução da resistência e risco ao trânsito de usuários

BLOCO 01			
FOTO	ANOMALIA	GRAU DE RISCO	DIAGNÓSTICO
	<p>Não uniformidade de barrotes e peças de sustentação dos telhados e/ou acréscimo de peças paralelas para reforço</p>	<p>CRÍTICO</p>	<p>Concentração de tensões/distribuição de tensões inadequada. Em vistoria verificou-se que muitos barrotes existentes estavam com dimensões transversais heterogêneas ou reforçados com outros barrotes colocados posteriormente, causando desequilíbrio de tensões e desconhecimento da real capacidade de carga dos assoalhos existentes.</p>
	<p>Flecha acentuada em barrotes de sustentação de assoalho</p>	<p>CRÍTICO</p>	<p>Risco ao trânsito de usuários devido à indicação visual de que as peças de sustentação dos assoalhos não possuem a resistência devida às cargas as quais estas sustentam. Indicativo de dimensões inadequadas para as peças ou estado deteriorado das mesmas alterando sua capacidade resistente.</p>

BLOCO 01			
FOTO	ANOMALIA	GRAU DE RISCO	DIAGNÓSTICO
	Exposição de alvenaria estrutural existente	REGULAR	Exposição ao ambiente, sem revestimento, com risco de humidade e outros fatores de deterioração exógenos, levando à diminuição da resistência por desgaste ou ação de organismos estranhos.
	Deterioração dos barrotes do assoalho / fissuração ao longo do barrote	CRÍTICO	Perda de resistência e possível falha estrutural
	Umidade/Ação biológica em estrutura	REGULAR	Com a ação contínua, pode prejudicar a resistência da parede estrutural.

BLOCO 01			
FOTO	ANOMALIA	GRAU DE RISCO	DIAGNÓSTICO
	Fissura em estrutura	MÍNIMO	Não apresenta riscos imediatos a estrutura, mas deve ser tratado.
	Umidade/Ação biológica no reboco	REGULAR	Não apresenta riscos imediatos à estrutura, mas deve ser tratado a fim de que a umidade não comprometa resistência da alvenaria, argamassa de assentamento e revestimento.
	Exposição da estrutura em diversos pontos por deterioração dos revestimentos por ação antrópica ou da água de infiltração	REGULAR	Exposição ao ambiente, sem revestimento, com risco de umidade e outros fatores de deterioração exógenos, levando à diminuição da resistência por desgaste ou ação de organismos estranhos.

BLOCO 01			
FOTO	ANOMALIA	GRAU DE RISCO	DIAGNÓSTICO
	Fissura em parede não estrutural	MÍNIMO	Não apresenta riscos imediatos a estrutura, mas deve ser tratado.
	Exposição da estrutura em diversos pontos por deterioração dos revestimentos por ação antrópica ou da água de infiltração	REGULAR	Exposição ao ambiente, sem revestimento, com risco de humidade e outros fatores de deterioração exógenos, levando à diminuição da resistência por desgaste ou ação de organismos estranhos.
	Deterioração de estrutura do telhado	CRÍTICO	Redução da capacidade estrutural do telhado/aumento da insegurança dos usuários, além de efeitos decorrentes da não estanqueidade do telhado ocasionada por perda de peças e outros fatores.














BLOCO 01			
FOTO	ANOMALIA	GRAU DE RISCO	DIAGNÓSTICO
	Situação de apoio inadequada	CRÍTICO	Enfraquecimento da estrutura/distribuição de tensões de maneira inadequada.
	Exposição da estrutura em diversos pontos por deterioração dos revestimentos por ação antrópica ou da água de infiltração	REGULAR	Exposição ao ambiente, sem revestimento, com risco de humidade e outros fatores de deterioração exógenos, levando à diminuição da resistência por desgaste ou ação de organismos estranhos.

Tabela 5 - Lista de inconformidades encontradas nos Blocos 02 e 03

BLOCOS 02 E 03			
FOTO	ANOMALIA	GRAU DE RISCO	DIAGNÓSTICO
	Exposição da estrutura em diversos pontos por deterioração dos revestimentos por ação antrópica ou da água de infiltração	REGULAR	Exposição ao ambiente, sem revestimento, com risco de humidade e outros fatores de deterioração exógenos, levando à diminuição da resistência por desgaste ou ação de organismos estranhos.
	Deterioração do assoalho por presença de térmitas e umidade	CRÍTICO	Perda de resistência e possível falha estrutural
	Flechas acentuadas	CRÍTICO	Desconforto ao usuário/instabilidade estrutural

BLOCOS 02 E 03			
FOTO	ANOMALIA	GRAU DE RISCO	DIAGNÓSTICO
	Presença de térmitas	CRÍTICO	Redução da capacidade estrutural
	Ligação inadequada entre peças	CRÍTICO	Transmissão inadequada dos esforços
	Elemento estrutural rompido	CRÍTICO	Perda da capacidade portante

BLOCOS 02 E 03			
FOTO	ANOMALIA	GRAU DE RISCO	DIAGNÓSTICO
	Flambagem de peças do escoramento	CRÍTICO	Instabilidade estrutural do escoramento
	Escoramento rompido	CRÍTICO	Perda de capacidade de escoramento
	Flambagem lateral de parede estrutural	CRÍTICO	Perda de estabilidade/desconforto visual

BLOCOS 02 E 03			
FOTO	ANOMALIA	GRAU DE RISCO	DIAGNÓSTICO
	Presença de térmitas	CRÍTICO	Redução da resistência/aumento da insegurança aos usuários
	Presença de perfis de aço	CRÍTICO	Distribuição não uniforme de tensões / concentração de tensões
	Fissura em estrutura	CRÍTICO	Abertura de fissuras em parede estrutural divisória entre os Blocos 02 e 03 devido à flambagem de parede externa

BLOCOS 02 E 03			
FOTO	ANOMALIA	GRAU DE RISCO	DIAGNÓSTICO
	Deterioração de estrutura do telhado	CRÍTICO	Redução da capacidade estrutural do telhado/aumento da insegurança dos usuários, além de efeitos decorrentes da não estanqueidade do telhado ocasionada por perda de peças e outros fatores.
	Umidade/Ação biológica em estrutura	REGULAR	Com a ação contínua, pode prejudicar a resistência da parede estrutural.

5 PROPOSTA PARA RESTAURAÇÃO ESTRUTURAL DO ANTIGO CONVENTO DO CARMO

Aqui, as soluções estruturais adotadas serão divididas entre soluções para o Bloco 01 e soluções para os Blocos 02 e 03. Foi escolhida essa divisão de forma que o Bloco 01, que apresenta maior importância histórica, pudesse ser analisado separadamente. Ao mesmo tempo em que se prioriza a preservação do patrimônio histórico no Bloco 01, nos Blocos 02 e 03 opta-se por privilegiar a integridade estrutural de alguns elementos históricos em detrimento de outros.

5.1 DEFINIÇÃO DOS CARREGAMENTOS ESTRUTURAIS

A definição do *layout* interno do Antigo Convento foi feito por empresa especializada em reformas e restaurações de edifícios históricos e foge ao tema do presente trabalho. No entanto, a definição dos carregamentos estruturais para a escolha do sistema a ser adotado passou pela análise criteriosa do *layout* definido.

O resultado é o mapa de cargas mostrado a seguir, onde as diferentes cores definem diferentes cargas. Estas foram definidas seguindo a NBR 6120 – Cargas de Cálculo de Estruturas em Edificações.

O mapa de cargas consiste em uma planta baixa dos pavimentos estudados que mostram as cargas previstas pela NBR 6120/1980 para cada região, conforme seu uso. O quadro a seguir resume os carregamentos considerados segundo a Norma.

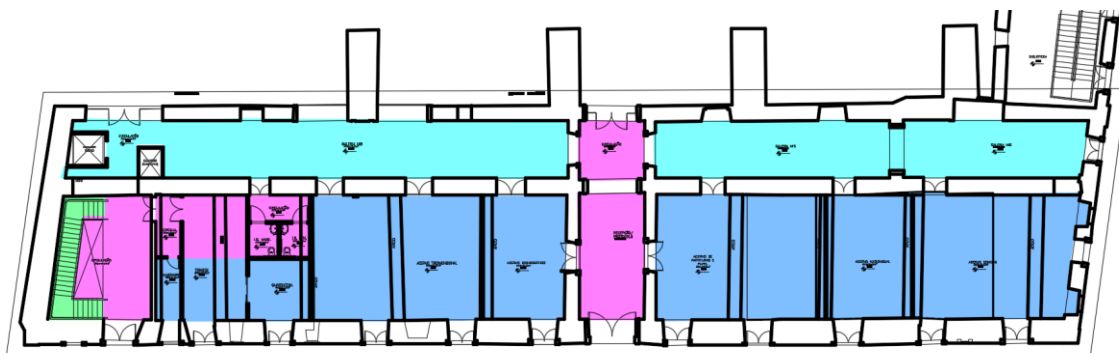
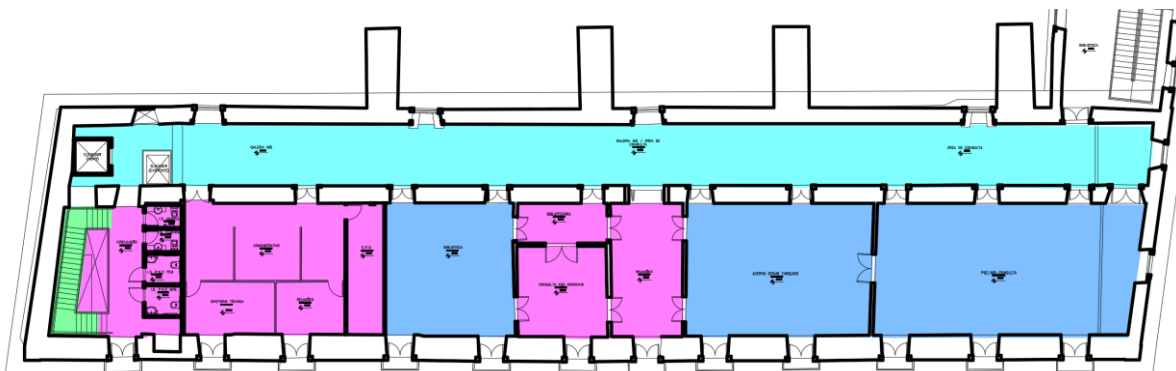
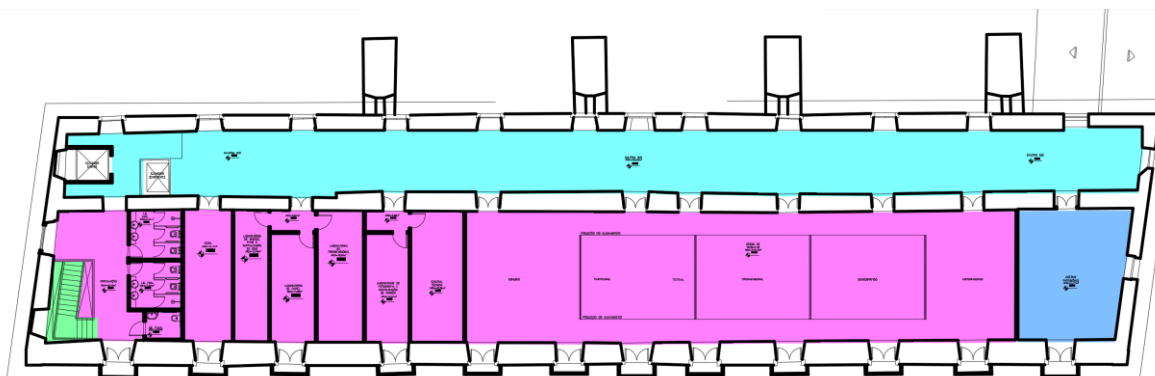
Tabela 6 – Carregamentos estruturais considerados de acordo com a Norma Brasileira

LOCAL		CARGA [kN/m ²]
Biblioteca	Sala de leitura	2,5
Escadas	Com acesso ao público	3
Escritórios	Salas de uso geral e banheiros	2
Galerias de arte	A ser determinada em cada caso, porém com mínimo	3

Fonte: NBR 6120/1980.

LEGENDA

- BIBLIOTECA – SALA DE LEITURA ($2,5\text{kN/m}^2$)
- ESCADA COM ACESSO AO PÚBLICO (3kN/m^2)
- ESCRITÓRIO (2kN/m^2)
- GALERIA (3kN/m^2)

Figura 27 – Legenda para os mapas de cargas**Figura 28 – Mapa de cargas do piso do pavimento térreo do Bloco 01****Figura 29 – Mapa de cargas do piso do 2º pavimento do Bloco 01****Figura 30 – Mapa de cargas do piso do 3º pavimento do Bloco 01**

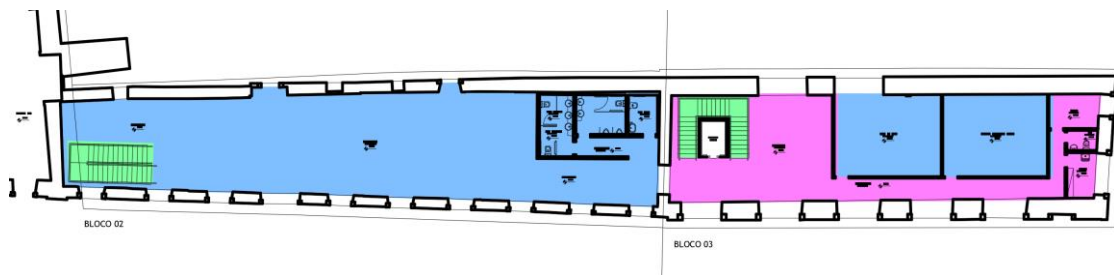


Figura 31 – Mapa de cargas do piso do pavimento térreo dos Blocos 02 e 03



Figura 32 – Mapa de cargas do piso do 2º pavimento dos Blocos 02 e 03

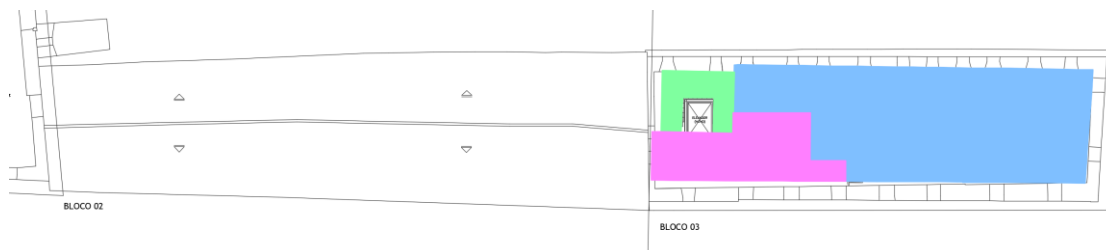


Figura 33 – Mapa de cargas do piso do 3º pavimento do Bloco 03

5.2 SOLUÇÃO ESTRUTURAL – BLOCO 01

Devido à sua importância histórica, aos baixos carregamentos propostos e ao bom estado de preservação das paredes estruturais, que conta ainda com os contrafortes executados na época da vinda da Corte Real para o Brasil, foi definido que o Bloco 01 manterá o sistema estrutural original.

Assim, as verificações com relação à estabilidade estrutural foram feitas considerando-se os pisos em madeira de lei (para fins de cálculo, considerou-se que a espécie utilizada foi a Maçaranduba). Os pisos são por sua vez apoiados em barrotes da mesma madeira de seção transversal 25x25 cm. Essa seção foi escolhida por ter sido observada no local, propondo assim o mínimo de modificações possível. O espaçamento adotado entre barrotes foi 75 cm de eixo a eixo. Assim como a seção transversal, esse espaçamento pode ser observado nas janelas de inspeção abertas no local para este fim. A seção transversal e o espaçamento foram escolhidos de forma a manter o sistema estrutural conforme ele existe hoje, causando assim uma distribuição de cargas semelhante ao existente e não sobrecarregando a estrutura antiga e sensível. A escolha também leva em conta que dessa forma poderão ser aproveitados os barrotes que,

comprovadamente, estejam em condições de suportar os carregamentos. Além disso, a escolha do espaçamento anula a necessidade de abertura de novos nichos nas paredes estruturais para o assentamento destes.

Da mesma forma que é proposto manter a estrutura original para os pisos, é feita a mesma proposta para a estrutura dos telhados. Este trabalho sugere a manutenção das tesouras em madeira.

No piso do pavimento térreo, no entanto, é proposto que o piso de pedra existente, que não possui valor histórico, seja substituído por contrapiso armado.

5.3 SOLUÇÃO ESTRUTURAL PARA OS BLOCOS 02 E 03

Sendo mais novos, tombados somente a nível estadual e com estado de degradação mais avançada, a solução proposta para os Blocos 02 e 03 é um sistema estrutural composto por estrutura metálica independente no interior da caixa formada pelas paredes antigas. Além disso, também é proposto neste trabalho solução em concreto armado para estabilização de uma das paredes do Bloco 02, que apresenta grande deformação e risco de desabamento.

O sistema estrutural previsto para os Blocos 02 e 03 é composto por estrutura metálica independente formada por laje mista do tipo *Steel Deck* apoiada em vigas metálicas secundárias. As vigas secundárias apoiam-se nas vigas metálicas principais. Estas, por sua vez, descarregam em pilares que se apoiam nas fundações. A fundação sugerida é um sistema de sapatas e vigas de equilíbrio. Foi escolhida uma solução em fundação superficial uma vez que a entrada de equipamento para execução de fundação profunda dentro da caixa formada pelas paredes seria complexa e poderia acarretar danos às paredes.

Este trabalho prevê a execução de cinta em concreto armado no nível da cobertura em ambos os Blocos para fins de estabilização das paredes e melhor distribuição dos esforços advindos da cobertura. Tais cintas serão executadas no perímetro das paredes de alvenaria de pedra, realizando corte em parte da alvenaria. Dessa forma, a cinta utilizará a própria parede como parte da forma e terá melhor integração com esta. Serão utilizadas também vigas em concreto no sentido transversal, de forma a dar mais rigidez ao conjunto. Para auxiliar a cinta na distribuição dos esforços da parede e no suporte do peso próprio da parede que apresenta flambagem, também são propostos pilares de concreto armado, que nascem apoiados na estrutura metálica que forma o piso do segundo pavimento. Tais pilares deverão ser solidarizados com a parede por meio de estribos.

A cobertura do Bloco 03 segue o modelo original da cobertura, a fim de se preservar o valor histórico da edificação.

Para a cobertura do Bloco 02 é proposta a substituição de todas as tesouras originais por uma nova estrutura metálica. A nova estrutura metálica será apoiada na cinta a ser executada em concreto no nível da estrutura.

5.4 VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL PRELIMINAR DO BLOCO 01

5.4.1 VERIFICAÇÃO PRELIMINAR DOS BARROTES DE MADEIRA

Na verificação preliminar dos barrotes de madeira que irão suportar o assoalho de madeira e as sobrecargas definidas anteriormente, foi verificado apenas o pior caso de carregamento e vão. Foi previsto neste trabalho, conforme citado anteriormente, que serão adotados barrotes de seção transversal similar aos originais observados no local atualmente, utilizando o mesmo espaçamento médio observado na configuração existente.

Foi assumido o caso de barrote de seção 25x25 cm de madeira Maçaranduba. Para tanto, foi considerado o vão de 7,12m e as solicitações conforme a Tabela 7. Este foi considerado o caso mais crítico.

Tabela 7 – Parâmetros da seção 25x25 cm - Maçaranduba

Base (b)=	0,25 m
Altura (h)=	0,25 m
Vão=	7,12 m
Espaçamento entre barrotes =	0,50 m
Peso Próprio da madeira, P_{ap} =	1143 kg/m ³
Peso do forro, P_{forro} =	0,5 kN/m ²

O peso do forro é calculado multiplicando P_{forro} pela distância entre vigas considerada.

A resistência à flexão da madeira, calculada de acordo com a NBR 7190/1997, é dada pela seguinte fórmula:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck} \cdot k_{mod}}{\gamma_w}$$

Tabela 8 - Solicitações

Peso Próprio, g_{pp} =	0,71	kN/m
Forro, g_{pp} forro=	0,38	kN/m

Carga Acidental, q =	1,50	kN/m
Total, qt =	3,63	kN/m

Onde o peso próprio foi calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$g_{pp} = bhP_{ap}$$

Onde $f_{ck} = f_c \cdot \frac{f_k}{f_m}$ e $k_{mod} = k_{mod1} \cdot k_{mod2} \cdot k_{mod3}$. O coeficiente k_{mod1} diz respeito à natureza do carregamento, k_{mod2} diz respeito à classe de umidade e o coeficiente k_{mod3} diz respeito à categoria da madeira. A tabela abaixo resume os valores adotados para cada coeficiente e mostra o cálculo da resistência à flexão da madeira:

Tabela 9 – Cálculo de resistência à flexão da madeira

Madeira:	Maçaranduba	
$k_{mod1} =$	0,6	(Madeira serrada, carregamento permanente)
$k_{mod2} =$	0,8	(Madeira serrada, classe de umidade 3)
$k_{mod3} =$	0,8	(Madeira serrada, dicotiledônea 2ª categoria)
$\gamma_w =$	1,8	
COMPRESSÃO PARALELA		
$f_c =$	82,9	MPa
$f_k/f_m =$	0,7	
$f_{ck} =$	58,03	MPa
Tensão Resistente:		
$f_{cd} =$	12,38	MPa

O momento máximo para uma viga biapoiada de seção transversal retangular com carregamento distribuído é dado por:

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{ql^2}{8} = 3,63 \cdot \frac{7,12^2}{8} = 22,97 \text{ kNm}$$

A tensão máxima é dada por:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M_{m\acute{a}x}y}{I}$$

Onde y é a distância do centro de gravidade à fibra mais comprimida e I é o momento de inércia da seção.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 8,82 \text{ MPa} < 12,38 = f_{cd} \rightarrow OK$$

Pode-se perceber então que seção indicada, com o espaçamento médio, é apropriada para fins de pré-dimensionamento.

5.4.2 VERIFICAÇÃO PRELIMINAR DA TENSÃO NAS PAREDES

Para a verificação preliminar da tensão nas paredes, considerou-se que as paredes tem 1m de espessura ao longo de toda a sua altura. Considerou-se também um comprimento de 1m no qual será calculada a tensão na base da parede. As cargas que as paredes suportam são o seu peso próprio e a reação do barrote de madeira mais carregado. Foi considerado que no segundo pavimento atuam dois barrotes de madeira mais carregados (um em cada lado da parede central), assim como no terceiro pavimento. Nota-se que as aproximações feitas aqui são a favor da segurança, uma vez que se foram consideradas cargas maiores que as que devem atuar realmente na estrutura. A tabela a seguir resume as cargas consideradas na base da parede.

Tabela 10 – Carregamentos considerados na parede

Peso Próprio,	qpp =	345	kN
Barrote de madeira mais carregado,	qmad =	12,9	kN
Total	=	357,9	kN

Para o cálculo do peso próprio foi considerado que a altura total da parede é $h = 13,73m$ e que o peso específico é o mesmo que o do concreto armado, $25,0 \text{ kN/m}^2$.

A tensão na base da parede então é calculada como:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{357,9}{1 * 1} = 357,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0,36 \text{ MPa}$$

Segundo MORAIS (2011), a tensão máxima admissível para uma parede de alvenaria estrutural de pedra pode ser conservadoramente considerada como:

$$\sigma_{adm} = 0,74 \text{ MPa}$$

Como $\sigma_{m\acute{a}x} < \sigma_{adm}$, então considerou-se a verificação preliminar como atendida.

5.4.3 VERIFICAÇÃO PRELIMINAR DA TENSÃO NA FUNDAÇÃO

A verificação da tensão no nível da fundação deve ser feita por dois ângulos distintos: o primeiro referente ponto de vista estrutural da capacidade de carga da parede e outro referente ao ponto de vista da capacidade de carga do solo de fundação. Por falta de informações sobre o solo de fundação, somente a primeira conferência foi feita.

Em ambas as verificações foram levados em conta os carregamentos na base da fundação. Assim, a análise feita aqui considerou os mesmos carregamentos considerados para a verificação estrutural das paredes de alvenaria. Foram considerados os carregamentos dos barrotos que se apoiam nessa região e o peso próprio da parede. Levou-se em conta também que a seção da parede é reduzida conforme a altura aumenta e que a fundação vai até 2 metros abaixo do nível do terreno. A tabela abaixo relaciona a largura de parede considerada e a altura da faixa que possui essa largura:

Tabela 11 – Largura da parede considerada

	Largura (m)	Altura (m)
3° Pav.	0,63	4,3
2° Pav.	0,97	4,85
Térreo+Fundação	1,4	6,9

Considerando o peso específico da parede igual à do concreto armado (25kN/m^3) os carregamentos na base da parede são dados na tabela abaixo:

Tabela 12 – Carregamentos na base da fundação

Barrotos mais carregado x2 (2PAV):	25,8	kN
Barrotos mais carregado x2 (3PAV):	25,8	kN
Peso Próprio:	426,84	kN
Total:	0,48	MPa

Sendo, conforme explicitado anteriormente, a tensão máxima admissível neste tipo de alvenaria igual a $0,7\text{ MPa}$,

$$0,48\text{ MPa} < 0,7\text{ MPa}$$

Então se conclui que as tensões na parede estão dentro do admissível. Vale notar que a profundidade de fundação adotada assim como a sua espessura são valores hipotéticos que não puderam ser confirmados no local.

5.5 VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL PRELIMINAR DOS BLOCOS 02 E 03

5.5.1 PRÉ DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS METÁLICAS

Para o cálculo das solicitações de projeto, foram utilizados os coeficientes pertinentes recomendados pela NBR 8681 para combinação normal de ações. A análise estrutural das vigas para determinação do momento solicitante máximo foi feita com auxílio de um *software* comercial de análise estrutural. Os perfis são de categoria ASTM A572 Gr 50 ($f_y = 34,5 \text{ kN/cm}^2$ ou 345 MPa).

Tabela 13 – Propriedades do aço consideradas

Aço:	ASTM A572 Gr. 50	
$f_y =$	34,5	kN/cm ²
	345	MPa
E =	200000	MPa

O pré-dimensionamento das vigas foi feito através da comparação do Momento Fletor Resistente (M_{dres}) com o Solicitante (M_{dsol}), considerando que todas as seções são compactas e contidas lateralmente.

$$M_{dres} = \frac{Z \cdot f_y}{\gamma_{a1}} \geq M_{dsol}$$

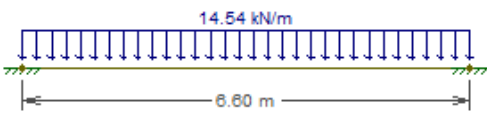
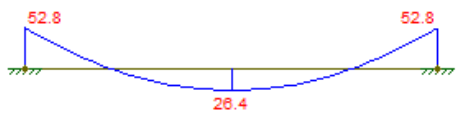
Foram pré-dimensionados somente os dois casos mais críticos: a viga secundária mais carregada e a viga primária mais carregada. As Tabelas 14 e 15 resumem o pré-dimensionamento da estrutura metálica dos Blocos 02 e 03.

Tabela 14 – Pré-dimensionamento da viga secundária mais crítica

Ações			Coef. ELU (γ_f)
Steel Deck (gk, steel deck)	4,60	kN/m	1,4
Peso Próprio VS1 - BL.02 (gk, pp)	0,29	kN/m	1,25
Sala de Leitura	5,40	kN/m	1,5

Vão	
ℓ	6,60 m

Pré-dimensionamento	
Combinação:	Normal
$f_d =$	14,54 kN/m
Momento Fletor de projeto	
$M_d =$	52,8 kNm
Admitindo-se seção compacta e contida lateralmente:	
$Z_x \geq$	232,3 cm ³

Análise estrutural (Pré-dimensionamento) - sem peso próprio	
Modelo estrutural:	DMF (kN.m)
	

Perfil escolhido:	PERFIL "H" DE AÇO LAMINADO, "W" 150 X 29,8
--------------------------	--

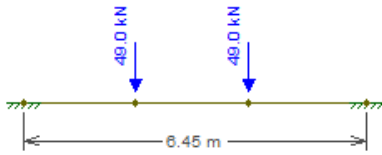

Tabela 15 – Pré-dimensionamento da viga primária mais crítica

Ações		Coef. ELU (γ_f)
Peso próprio VS (gk, pp)	0,29 kN/m	1,25
Steel Deck	4,58 kN/m	1,4
Sala de Leitura	5,38 kN/m	1,5

Peso próprio VP18 -BL.02 (gk, pp)	0,45 kN/m	1,25
-----------------------------------	-----------	------

Vão		
ℓ	6,45	m

Pré-dimensionamento		
Combinação:	Normal	
$f_d =$	14,8	kN/m
$F_d =$	49,0	kN
Momento Fletor de projeto		
$M_d =$	71,4	kNm
Admitindo-se seção compacta e contida lateralmente:		
$Z_x \geq$	314,2	cm ³

Análise estrutural (Pré-dimensionamento) - sem peso próprio	
Modelo estrutural:	DMF (kN.m)
	

Perfil escolhido:	PERFIL "H" DE ACO LAMINADO, "W" 200 X 46,1
--------------------------	--

5.5.2 PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE PILARES METÁLICOS

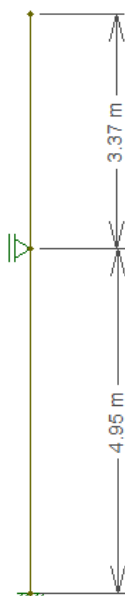
O pré-dimensionamento dos pilares foi feito seguindo as orientações da NBR 8800. O cálculo da força normal resistente deve ser feito para as duas direções principais de inércia. Desta forma, a força normal resistente de projeto será a menor entre as duas consideradas.

Conforme projeto arquitetônico, os níveis dos pavimentos são apresentados abaixo:

Tabela 16 – Níveis dos pavimentos de acordo com projeto arquitetônico

Pavimento	Nível (m)
Térreo	+0,31
2º Pavimento	+4,64
3º Pavimento	+8,25

Tendo disponíveis os níveis dos pavimentos, foi possível calcular o comprimento dos pilares. O comprimento foi considerado único para todos estes, levando em conta que a posição dos eixos das vigas não muda de maneira significativa e que foi considerado o caso mais desfavorável: aquele em que o pilar apresenta maior comprimento de flambagem. Dessa forma, a figura abaixo mostra os comprimentos considerados para os pilares e o modelo estrutural utilizado. Nota-se que o mesmo comprimento e modelo foram utilizados para ambas as direções de inércia.

**Figura 34 – Esquema estrutural considerado para pilares**

Dessa forma, foi calculado, para um determinado perfil, seu momento máximo resistente e a força normal máxima resistente para a situação de apoio considerada na Figura 34. Assim, foi feita a comparação com o momento e normal solicitantes do pilar mais carregado. Por questões de restrições arquitetônicas, alguns pilares estão sendo solicitados com os maiores momentos em sua direção de menor inércia, o que reduz significativamente a eficiência da estrutura. Portanto, a seção escolhida não poderia ser mais esbelta, uma vez que ela necessita ter uma inércia considerável em ambas as direções principais.

A Tabela 17 mostra o dimensionamento de um perfil estrutural como coluna utilizando as premissas supracitadas.

Tabela 17 – Cálculo da resistência de um perfil coluna

Perfil:		W 310x125,0 (H)
FORÇA NORMAL RESISTENTE		
$N_{ex} =$	21812,42	kN
$N_{ey} =$	7107,81	kN
$\lambda_{ox} =$	0,27	
$\lambda_{oy} =$	0,83	
$\chi_x =$	0,97	
$\chi_y =$	0,75	
$N_{x,Rd} =$	4962,25	kN
$N_{y,Rd} =$	3840,39	kN
$N_{Rd} =$	3840,39	kN
MOMENTO RESISTENTE X		
$M_{y,x} =$	558,410	kN.m
$M_{p,x} =$	631,670	kN.m
FLAMBAGEM LOCAL DA MESA		
$\lambda_p =$	8,835	
$\lambda_r =$	23,09	
$\lambda_b =$	8,97	
SEÇÃO SEMI-COMPACTA		
$M_r =$	449,52	kN.m
$M_{d,res} =$	629,94	kN.m
FLAMBAGEM LOCAL DA ALMA		

$\lambda_p=$	87,42	
$\lambda_r=$	132,52	
$\lambda_b=$	14,09	
SEÇÃO COMPACTA		
$M_{d,res}=$	631,670	kN.m
$M_{Rd,x}=$	558,41	kN.m

MOMENTO RESISTENTE Y		
$M_{y,y}=$	181,976	kN.m
$M_{p,y}=$	280,106	kN.m
FLAMBAGEM LOCAL DA MESA		
$\lambda_p=$	8,835	
$\lambda_r=$	23,09	
$\lambda_b=$	8,97	
SEÇÃO SEMI-COMPACTA		
$M_r=$	994,66	kN.m
$M_{d,res}=$	286,88	kN.m
FLAMBAGEM LOCAL DA ALMA		
$\lambda_p=$	26,04	
$\lambda_r=$	32,55	
$\lambda_b=$	14,09	
SEÇÃO COMPACTA		
$M_{d,res}=$	280,106	kN.m
$M_{Rd,y}=$	181,98	kN.m

Observa-se que o momento resistente na direção y é bem menor que o momento resistente na direção x , uma vez que a inércia em x é bem maior que a inércia em y .

Para a verificação da utilização do perfil acima dimensionado, foi utilizado o caso mais desfavorável, considerando as solicitações atuantes. Esta verificação é feita no intuito de otimizar a definição de perfis padronizados para toda estrutura metálica a ser utilizada nos blocos 02 e 03. A Tabela 18 mostra o dimensionamento para o caso mais desfavorável.

Tabela 18 – Pré-dimensionamento de pilar mais crítico

PILAR P25		
Perfil Adotado:	W 310x125(H)	
SOLICITANTES		
Peso Próprio:	1,44	kN/m
ELU - PILAR P25		
Da VP48:		
Normal (kN)	M_x (kN.m)	M_y (kN.m)
270	385	0
Da VP50		
Normal (kN)	M_x (kN.m)	M_y (kN.m)
270	-389,9	0
Da VP42:		
Normal (kN)	M_x (kN.m)	M_y (kN.m)
103	0	32,6
TOTAL – TETO 2º PAVIMENTO		
Normal (kN)	M_x (kN.m)	M_y (kN.m)
643	-4,94	98,5

Da VP33:		
Normal (kN)	M _x (kN.m)	M _y (kN.m)
270	385	0

Da VP35:		
Normal (kN)	M _x (kN.m)	M _y (kN.m)
270	-389,9	0

Da VP14		
Normal (kN)	M _x (kN.m)	M _y (kN.m)
103	0	98,5

TOTAL - FORRO TÉRREO		
Normal (kN)	M _x (kN.m)	M _y (kN.m)
643	-4,94	98,5

MÁXIMOS:			
N _{Sd} :	1286,00	kN	OK
N _{Rd} :	3840,39	kN	
M _{Sd,x} :	-9,88	kNm	OK
M _{Rd,x} :	558,41	kNm	
M _{Sd,y} :	131,10	kNm	OK
M _{Rd,y} :	181,98	kNm	

5.5.3 DIMENSIONAMENTO DO REFORÇO DA PAREDE

A parede posterior do Bloco 02, conforme citado anteriormente, possui grande deformação lateral. Devido ao risco de colapso estrutural, foram dimensionados pilares de concreto armado para o reforço.

Estes pilares serão consolidados à estrutura antiga por meio de grampos metálicos. A determinação dos carregamentos considerados e o detalhamento são apresentados a seguir.

- DEFINIÇÃO DOS CARREGAMENTOS

O único carregamento a ser considerado no reforço da parede é o seu peso próprio. Esse peso vai ser vertical, mas também possui uma componente perpendicular ao eixo da parede, como mostrado na Figura 35.

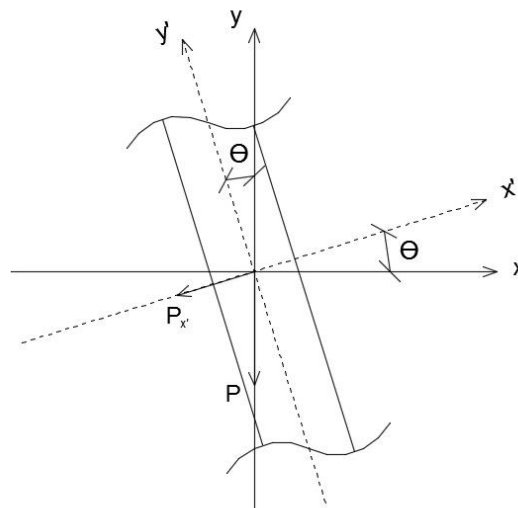


Figura 35 – Esquema de forças considerado na parede estrutural deformada

Os eixos x' e y' são deslocados θ dos eixos cartesianos. θ é o ângulo de inclinação da parede.

Para o cálculo de P foi considerado que a espessura da parede é constante ao longo de cada pavimento, mas que é menor do térreo para o 2º pavimento.

Tabela 19 – Geometria da parede

Pavimento	Altura [m]	Espessura [m]
Térreo	4,5	1,0
2º Pavimento	3,7	0,7

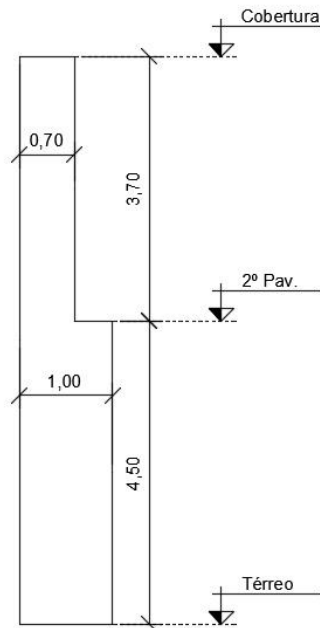


Figura 36 – Esquema considerado para o cálculo do peso da parede

O peso específico da alvenaria de pedra foi considerado igual a:

$$\rho_{\text{alv}} = 24 \text{ kN/m}^3$$

A inclinação da parede foi considerada constante em seu ponto de maior deformação, e definida por:

$$\theta = 3,07^\circ$$

Onde θ é o ângulo que a parede faz com a vertical. Foi considerado um desvio de 44 cm no topo da parede.

Considerou-se que a maior distância entre dois pilares de reforço é 3,63 m. As resultantes do peso da parede (no caso mais carregado, maior distância entre pilares) para cada seção são dadas por:

$$R_1 = 3,63 \times 24 \times 0,7 \times 3,7 = 225,64 \text{ kN}$$

$$R_2 = 3,63 \times 24 \times 1,0 \times 4,5 = 392,04 \text{ kN}$$

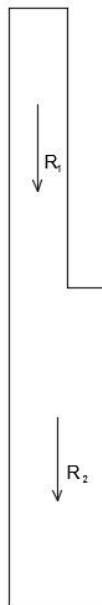


Figura 37 – Esquema de forças verticais atuantes na parede

O momento atuante no pilar de reforço será igual às resultantes multiplicadas pelo braço de alavanca de cada uma. O croqui dos braços de alavanca pode ser visto na Figura 38.

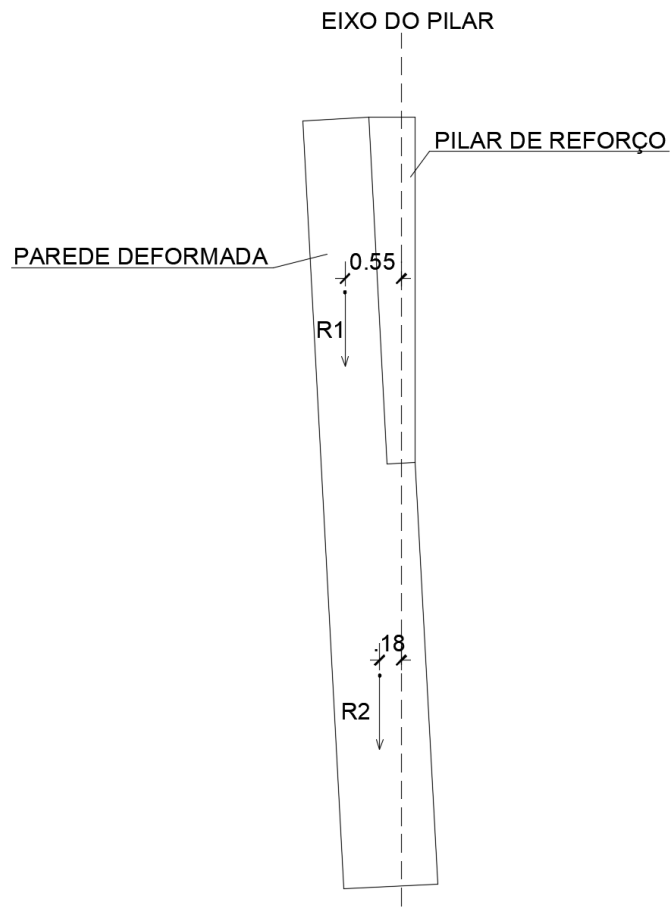


Figura 38 – Esquema mostrando os braços de alavanca considerados

Conforme indicado no esquema, as excentricidades das cargas com relação ao eixo do pilar são iguais a:

$$e_1 = 0,55 \text{ m}$$

$$e_2 = 0,18 \text{ m}$$

Dessa forma, o momento total atuante na base do pilar de reforço é dado por:

$$M_t = 225,64 \times 0,55 + 392,04 \times 0,4 \times 0,18$$

$$M_t = 194,7 \text{ kNm}$$

O valor da força $P_{x'}$, que vai ser a força de arrancamento dos grampos, é dada por:

$$P_{x'} = P \times \text{sen}\theta, \text{ onde } P = R_1 + R_2$$

$$P_{x'} = (225,64 + 392,04) \text{sen}3,07^\circ = 33,1 \text{ kN}$$

- DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA LONGITUDINAL

Os materiais considerados foram os seguintes:

- Concreto C35 [$f_{ck} = 35$ MPa]

- Aço CA50

A seção do pilar é variável, uma vez que a parede é inclinada. Para o dimensionamento do pilar, foi considerada a menor seção transversal.

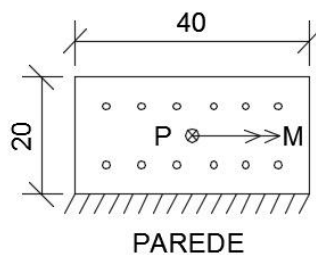


Figura 39 – Esquema da seção transversal do pilar

Utilizando o *software* OBLÍQUA 1.0 (2001), ver Figura 11, para o carregamento calculado no item anterior, chegou-se à seguinte seção:

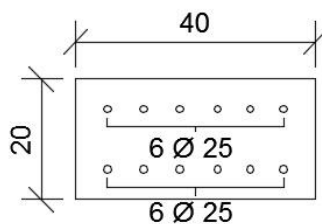


Figura 40 – Esquema da seção transversal do pilar

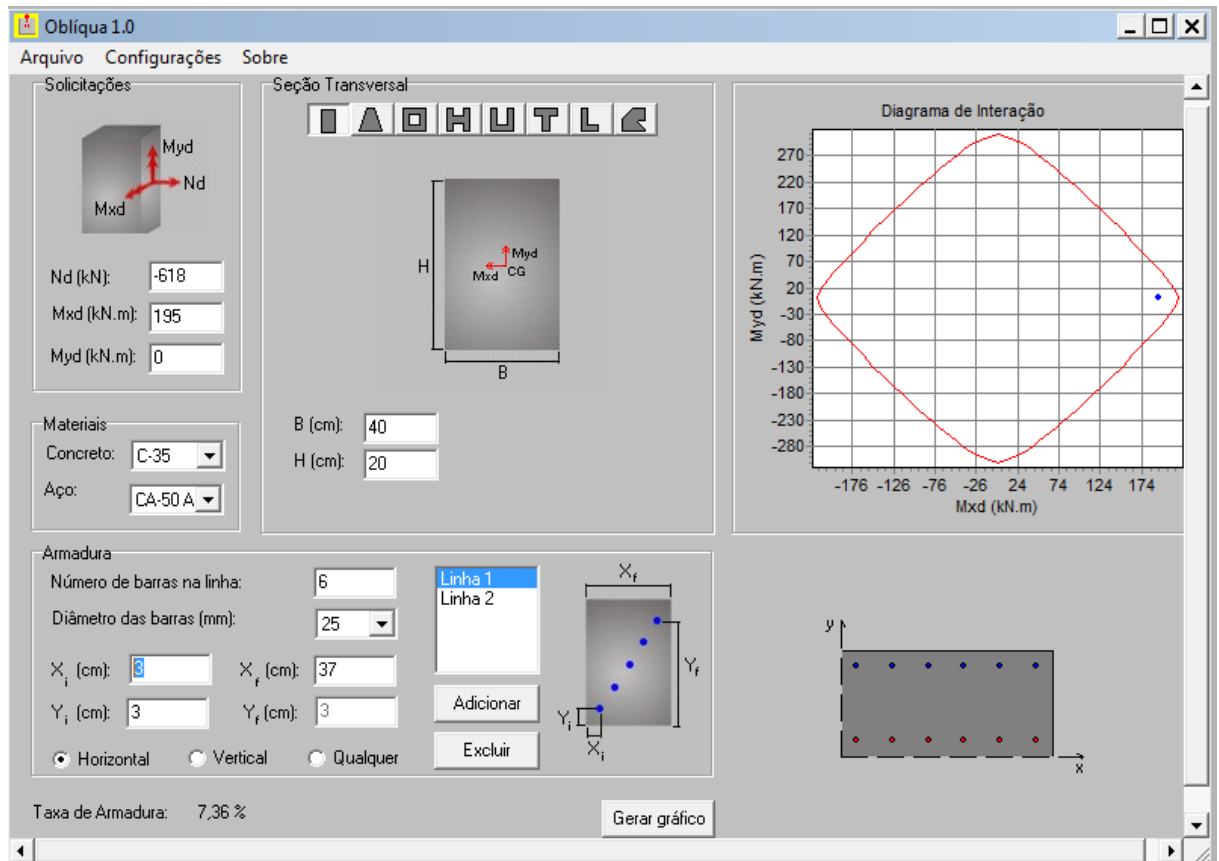


Figura 41 – Dados de entrada e resultado obtido com o software Oblíqua 1.0

- DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA TRANSVERSAL

Conforme calculado anteriormente, a força de arrancamento considerada para os grampos é de:

$$P_{x'} = 33,1 \text{ kN}$$

A área de aço necessária para resistir à essa força de tração é igual a:

$$A = P / f_{yd}$$

$$\text{Onde } f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

$A = 33,1 / 43500 = 0,000761 \text{ m}^2$ ou $0,761 \text{ cm}^2$ ao longo da área de contato entre o pilar e a parede.

Foram adotados grampos de $\Phi 6,3$ espaçados de 15 cm.

- DETALHAMENTO

- Cobrimento:

$$C_{nom} = 40 \text{ mm}$$

(para vigas ou pilares em região de classe III – peças em zona marinha ou industrial com ambientes internos úmidos ou com ciclo de molhagem e secagem: vestiários, banheiros, cozinhas e lavanderias industriais e garagens)

- Ancoragem:

É necessária a verificação da ancoragem para os grampos:

$$l_b = \frac{\Phi f_{yd}}{4f_{bd}} \geq 25\Phi$$

$$\rightarrow 25 \Phi = 25 \times 6,3 \text{ mm} = 158 \text{ mm} \approx 16 \text{ cm}$$

$$\rightarrow f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow f_{bd} = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times f_{ctd}$$

Sendo:

$$\eta_1 = 2,25 \text{ (barras nervuradas)}$$

$$\eta_2 = 0,7 \text{ (má aderência)}$$

$$\eta_3 = 1,0 \text{ } (\Phi \leq 32 \text{ mm})$$

$$f_{ctd} = \frac{0,7 \times [0,3 \times f_{ck}^{2/3}]}{\gamma_c} = 1,605 \text{ MPa}$$

$$l_b = \frac{6,3 \times 435}{4 \times 1,605} = 427 \text{ mm} \approx 43 \text{ cm}$$

As armaduras dos grampos serão então da seguinte forma:

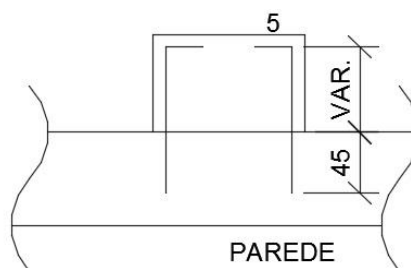


Figura 42 – Esquema em planta mostrando os grampos de solidarização entre parede e pilar de reforço

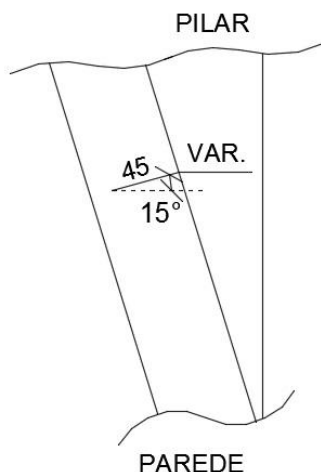


Figura 43 – Esquema em corte mostrando os grampos de solidarização entre parede e pilar de reforço

- Dimensões mínimas:
 - Nos pilares, as dimensões mínimas são 14 cm. (OK)
 - Área mínima = 360 m^2 / Área do pilar = $40 \times 20 \text{ cm} = 800 \text{ cm}^2$. (OK)

- Armadura máxima e mínima

- Taxa de armadura mínima

$$\frac{0,15 \times N_d}{f_{yd}} = \frac{0,15 \times 618}{435} = 0,21 \text{ cm}^2$$

Ou

$$0,4\% A_c = 0,4\% \times 20 \times 40 = 3,2 \text{ cm}^2 \text{ (OK)}$$

- Taxa de armadura máxima

$$8\% A_c = 8\% \times 20 \times 40 = 64 \text{ cm}^2 \text{ (OK)}$$

- Taxa de armadura existente

$$\left[6 \times \pi \times \frac{2,5^2}{4} \right] \times 2 = 58,9 \text{ cm}^2$$

- Bitola máxima e mínima

$$\Phi_{\min} = 10 \text{ mm}$$

$$\Phi_{\max} = 1/8 \times 20 \text{ cm} = 2,5 \text{ cm}$$

$$\Phi_{\text{adot}} = 25 \text{ mm (OK)}$$

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos para restauro e reabilitação de edificações históricas são processos complexos. A metodologia deve envolver diversas disciplinas dentro e fora da Engenharia Civil de forma a montar uma cronologia mais completa possível das intervenções pelas quais o edifício já foi submetido. O projetista também deve procurar conhecer o melhor possível os materiais e as técnicas utilizadas.

Além de extensa pesquisa histórica, também é envolvido no processo o conhecimento das diferentes técnicas modernas das quais se pode fazer uso. No caso da reforma do Antigo Convento do Carmo, foram adotados diferentes sistemas estruturais para atender às diferentes demandas de carregamento e a necessidade de intervenção na estrutura histórica.

Um dos maiores empecilhos observados na aprovação dos projetos encontra-se no IPHAN. O Instituto encontra-se sobrecarregado, com poucos profissionais habilitados para revisão e aprovação dos projetos e, portanto, o tempo para aprovação é alto. Isso reduz o interesse no restauro e na conservação, levando ao abandono das edificações e consequente dano ao patrimônio histórico.

Ainda é necessário que se façam mais pesquisas nesse sentido no Brasil. Atualmente, a maior parte da bibliografia existente sobre o assunto é de origem europeia. No entanto, o Brasil possui 500 anos de história a ser preservada e essa preservação também faz parte do trabalho e da formação do Engenheiro Civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARONIO G., BINDA L., TEDESCHC. I, TIRABOSHI C. **Characterization of the materials used in the construction of the Noto Cathedral. Construction and building materials.** Elsevier, Volume 17, 2003.

BINDA L., SAISI A., TIRABOSCHI C. **Investigation procedures for the diagnosis of historic masonries. Construction and building materials.** Elsevier, Volume 14, 2000.

BINDA L., SAISI A. **State of art of research on historic structures in Italy. Proceedings of 11th Advanced Research Initiation Assisting and Developing Networks in Europe (ARIADNE).** Workshop, 20-26/Maio, 2002.

DIREÇÃO GERAL DO PATRIMÔNIO CULTURAL, **Carta de Cracóvia.** Disponível em: <<http://www.patrimoniocultural.gov.pt/media/uploads/cc/cartadecracovia2000.pdf>>. Acesso em 12 de Dezembro de 2017.

DOMINGOS, C. **Caracterização de Edifícios Antigos – Edifícios Pré-Pombalinos.** Dissertação (Mestrado) – Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO (IBAPE), **Normas de Inspeção Predial do IBAPE,** São Paulo, 2007.

IPHAN, **Carta de Restauo.** Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20do%20Restauo%201972.pdf>>. Acesso em 12 de Dezembro de 2017.

IPHAN, **Carta de Veneza.** Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20de%20Veneza%201964.pdf>>. Acesso em 12 de Dezembro de 2017.

PAGAIMO, F. **Caracterização Morfológica e Mecânica de Alvenarias Antigas; Caso de Estudo da Vila Histórica de Tentúgal.** Dissertação (Mestrado) – Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2004.

PEREIRA, A. R. R. **Operações de Reabilitação de Edifícios Antigos. Organização de um Sistema de Informação Transversal a Todo o Processo.** Dissertação (Mestrado) – Porto: Universidade do Porto, 2013.

ROSA, C. F. M. F. F. **Caracterização das Alvenarias de Pedra Antigas.** Dissertação (Mestrado) – Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2013.

SOUSA, I. F. N. **Princípios de Reabilitação de Edifícios. Aplicação e Estudo de Caso.** Dissertação (Mestrado) – Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, **Programa OBLÍQUA 1.0,** 2001