

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

Sylvio Nelson Mariano da Motta

**METODOLOGIA PARA CARACTERIZAÇÃO DOS
PROCESSOS CONSTRUTIVOS E DAS PATOLOGIAS DE
EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS: ESTUDO DE CASO EM OURO
PRETO-MG**

**FLORIANÓPOLIS – SC
agosto de 2010**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO**

Sylvio Nelson Mariano da Motta

**METODOLOGIA PARA CARACTERIZAÇÃO DOS
PROCESSOS CONSTRUTIVOS E DAS PATOLOGIAS DE
EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS: ESTUDO DE CASO EM OURO
PRETO-MG**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Philippe Jean Paul Gleize

**FLORIANÓPOLIS, SC
agosto de 2010**

**METODOLOGIA PARA CARACTERIZAÇÃO DOS
PROCESSOS CONSTRUTIVOS E DAS PATOLOGIAS DE
EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS: ESTUDO DE CASO EM OURO
PRETO-MG**

SYLVIO NELSON MARIANO DA MOTTA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: CONSTRUÇÃO CIVIL

Prof. PHILIPPE JEAN PAUL GLEIZE, Dr. (UFSC)
ORIENTADOR

Profa. JANAIDE CAVALCANTE ROCHA, Dra. (UFSC)
COORDENADORA DO PROGRAMA

BANCA EXAMINADORA

Profa. CYBELE CELESTINO SANTIAGO, Dra. (UFBA)

Profa. ÂNGELA DO VALLE, Dra. (UFSC)

Prof. HUMBERTO RAMOS ROMAN, Dr. (UFSC)

FLORIANÓPOLIS, SC, agosto de 2010

A Deus entreguei minhas forças para que ele pudesse me guiar sempre, principalmente nesta árdua jornada. E ele fez sua parte. Muito obrigado Senhor!

À minha esposa e meus filhos, meu muito obrigado pelo apoio irrestrito. Vocês não sabem o quanto foram e são importantes nesta caminhada.

A caminhada foi longa e árdua. A distância foi um obstáculo à parte, mas a tecnologia facilitou sua transposição. Os colegas e amigos do MINTER que caminharam comigo nesta jornada sabem que foi muito difícil chegar ao fim com este trabalho concluído. Muitos desistiram antes do fim. Mas que o meu sucesso sirva de exemplo aos que pararam para que eles retomem a caminhada. A vocês, meus caros colegas do MINTER, meu muito obrigado pela companhia, apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço ao Prof. Flávio Antônio dos Santos, diretor geral do CEFET-MG, e ao programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil da UFSC que me proporcionaram esta grande oportunidade através do MINTER, à CAPES, pela bolsa de mestrado.

Meu agradecimento mais sincero ao professor e orientador Dr. Philippe J.P. Gleize pelo apoio e paciência que teve comigo, principalmente com as diversas críticas e correções sobre este trabalho que, mesmo estando tão distante, não deixou de ser sempre presente.

A todos os professores do MINTER, que com grande dedicação e sacrifício se deslocaram de suas origens até Belo Horizonte-MG para dedicarem precioso tempo em nos ensinar algo mais. Em especial ao professor Humberto R. Roman que, com grande afinco, nos apoiou sem restrições nesta árdua jornada na coordenação e, ainda, me direcionou para este caminho.

À professora Cristina Guimarães César que, com dedicação inestimável, caminhou juntamente conosco durante todo o percurso.

À professora Cristina Carvalho que também se debruçou sobre este tema com suas críticas e correções.

Aos proprietários dos imóveis pesquisados, Sr. José Reis, vulgo Cabral, que, além de permitir a pesquisa em sua edificação, forneceu informações preciosíssimas, como os levantamentos arquitetônicos e fotos ora apresentados; ao Sr. Paulo de O. Camelo, por permitir os estudos necessários a este estudo e custear as despesas com os levantamentos arquitetônicos necessários; às irmãs Letícia e Monique Roni Rampinelli que também permitiram que os estudos fossem feitos em seu imóvel e ainda custearam as despesas necessárias. A vocês, o meu muito obrigado.

À direção e aos funcionários da gráfica do IFMG – Campus Ouro Preto que, com dedicação inestimável, imprimiram este trabalho tantas vezes quanto foi necessário para as devidas correções.

Ao engenheiro e amigo Renato José Ferreira por ter me disponibilizado as fotos do imóvel 2.

Ao tecnólogo em Conservação e Restauração de Imóveis, meu sobrinho e afilhado Thales da Motta Baião, pela dedicação e empenho ao me auxiliar nos levantamentos de campo do imóvel 3.

Aos funcionários do escritório do IPHAN de Ouro Preto, especialmente a Liliane Vieira, que hoje já não se encontra mais lá, pela disponibilização de dados importantes incorporados neste trabalho.

Agradeço também a todos aqueles que mesmo não tendo sido citados colaboraram de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

A cidade de Ouro Preto é famosa pela sua arquitetura colonial. Nela está o maior conjunto barroco do mundo. Uma cidade setecentista em pleno século XXI. Isto foi um dos fatores principais para a UNESCO declarar como Patrimônio Cultural da Humanidade a cidade de Ouro Preto em 1980. A preservação dos processos construtivos do casario antigo é importantíssima para a manutenção deste título. Porém, intervenções inadequadas nestes casarios, com introdução de novos elementos construtivos, sem o conhecimento prévio das características construtivas dos materiais constituintes das edificações, tem causado impacto negativo ao patrimônio tombado. Este trabalho visou propor uma metodologia para se caracterizar os processos construtivos empregados em edificações históricas, definindo quais os materiais e quais as técnicas foram empregadas nestas construções, possibilitando a definição de diretrizes para que projetistas e construtores sejam capazes de reproduzir fielmente os processos e as técnicas empregados nas edificações que necessitam de alguma intervenção física, sem descaracterizar o Patrimônio Histórico. A partir daí, fornecer subsídios para que as intervenções nos imóveis sejam compatíveis com sua importância histórica. Ele é embasado em caracterizações dos processos construtivos já realizados por vários pesquisadores.

Foram selecionadas três edificações de valor histórico, todas construídas há mais de cem anos. De todas, foram feitos os levantamentos arquitetônicos necessários, os registros fotográficos dos pontos de maior relevância, a identificação dos materiais construtivos, sendo que poucos foram os pontos que necessitaram de prospecção. Para os levantamentos iniciais, foram criados dois modelos de fichas cadastrais, uma com informações básicas do imóvel e outra com informação sobre os danos aparentes. Também foi elaborada uma tabela com os elementos construtivos e os respectivos ensaios a serem submetidos e as fontes bibliográficas para tal.

Estas fichas e tabelas, além dos levantamentos arquitetônicos e fotográficos, facilitam o planejamento das intervenções necessárias e a definição dos materiais a serem empregados nas reformas e restauros.

Palavras chave: edificações históricas, processos construtivos e restauro.

ABSTRACT

The city of Ouro Preto is famous for its colonial architecture. It is the largest collection of Baroque style in the world. An eighteenth century city in a XXI century world. This was a major factor for UNESCO to declare Ouro Preto as a World Cultural Heritage city in 1980. The conservation of the constructive processes of old houses is very important for the maintenance of this title. However, inadequate interventions in these houses, with the introduction of new construction elements, without prior knowledge of the constructive characteristics of the constituent materials of the buildings has caused negative impact to the heritage protected. This work aims to propose a methodology to characterize the processes of construction employed in historic buildings, defining which materials and which techniques were employed in these constructions, making possible the definition of guidelines so that designers and builders are able to faithfully reproduce the processes and techniques employed in buildings that require some physical intervention, without spoiling the Heritage of these buildings. Since then, provide support for interventions in buildings that are compatible with its historical importance. He is grounded in characterizations of the construction process already undertaken by several researchers.

Three buildings of historical value, all built more than hundred years ago were selected. All were made necessary architectural surveys, photographic records of items of greater relevance, identification of construction materials, and few were the points that needed a deeper research. For initial surveys, two models of registration forms were created, one with basic information about the property and the other with information about the apparent damage. Also a table was drawn up with the building blocks and their essays to be submitted and bibliographic sources for this.

These files and tables, besides the architectural and photographic surveys, facilitate the planning of interventions required and the definition of materials to be used for reform and restoration of these buildings.

Keywords: historic buildings, restoration and construction processes.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	27
2 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	33
3 OBJETIVOS.....	39
4 OURO PRETO E O PATRIMÔNIO HISTÓRICO.....	41
4.1 - AS ESTRUTURAS DAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS	44
4.1.1 - O comportamento estrutural	51
4.1.2 - Diagnóstico e avaliação da segurança	53
4.1.3 - Decisões e relatório de avaliação	57
4.2 - A MADEIRA COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO	58
4.2.1 - Biodeterioração da madeira.....	59
4.2.2 - Ensaio de avaliação.....	65
4.2.3 - Metodologias de inspeção e providências	68
4.3 - CONSTRUÇÃO EM ALVENARIA DE PEDRA E DE TERRA	73
4.3.1 - Deterioração das alvenarias.....	77
4.3.2 - Ensaio de avaliação de alvenaria	86
4.3.3 - Metodologia de inspeção.....	90
4.4 - REVESTIMENTOS DAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS	92
4.4.1 - Deteriorização dos revestimentos.....	92
4.4.2 - Ensaio de avaliação dos revestimentos	96
4.4.3 - Técnicas de inspeção e de reparos.....	96
4.5 - PEÇAS METÁLICAS	100
4.5.1 - Deterioração de peças metálicas.....	100
4.5.2 - Metodologia de inspeção.....	100
5 METODOLOGIA	101
5.1 - Escolha dos imóveis	102
5.2 - Identificação dos imóveis	103

5.3 - Levantamento de dados dos imóveis	104
5.4 - Levantamento fotográfico	107
5.5 - Levantamento arquitetônico	107
5.6 - Identificação do processo construtivo e materiais empregados.....	107
5.7 - Correlação do material empregado com o respectivo local....	107
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	111
6.1 - RECOMENDAÇÕES PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA.....	124
6.1.1 - Criação de banco de dados de imóveis.....	124
6.1.2 - Seleção de imóveis a serem pesquisados	126
6.1.3 - Levantamento arquitetônico.....	126
6.1.4 - Identificação do processo construtivo	127
6.1.5 - Elaboração de planilhas de dados.....	128
7 CONCLUSÕES	129
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131
ANEXOS.....	141
Anexo I – Levantamento preliminar do imóvel 1	143
Anexo II – Levantamento de danos do imóvel 1	144
Anexo III – Registro fotográfico do imóvel 1	145
Anexo IV – Levantamento arquitetônico do imóvel 1.....	149
Anexo V – Relação do local da edificação com o respectivo material empregado do imóvel 1	158
Anexo VI – Relação das instalação da edificação com o respectivo material empregado do imóvel 1	159
Anexo VII – Levantamento preliminar do imóvel 2.....	160
Anexo VIII – Levantamento de danos do imóvel 2.....	161
Anexo IX – Registro fotográfico do imóvel 2	162
Anexo X – Levantamento arquitetônico do imóvel 2.....	166

Anexo XI – Relação do local da edificação com o respectivo material empregado do imóvel 2.....	173
Anexo XII – Relação das instalação da edificação com o respectivo material empregado do imóvel 2	174
Anexo XIII – Tabela com alguns dos elementos construtivos, os ensaios possíveis e algumas fontes bibliográficas que podem ser consultadas	175

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Configuração inicial de Ouro Preto - Mapa de Ouro Preto - 1888	29
Figura 2: Mapa de zoneamento de Ouro Preto - Configuração inicial.....	31
Figura 3: Trecho do caminho tronco.	32
Figura 4: (a) Inserção de vigas e pilares metálicos em obra antiga; (b) fechamento de vão em parede de pedra com tijolo cerâmico.	34
Figura 5: (a) Casa de pau-a-pique, com estrutura de madeira e fundação em pedra; (b) casa de pedra e pau-a-pique, com estrutura e fundação em pedra; (c) casa de adobe, com estrutura de madeira e fundação em pedra; (d) casa de pau-a-pique, com estrutura de madeira e fundação em pedra revestida.....	35
Figura 6: (a) exemplos de caracterização experimental e colapso de estruturas antigas na Universidade do Minho: amostra cilíndrica de pedra submetida a compressão uniaxial; (b) alvenaria submetida a compressão uniaxial; (c) parede de pedra irregular submetida ao cisalhamento; (d) ligação tradicional em madeira; (e) tesoura em madeira antiga.	45
Figura 7: (a) exemplos de simulações numéricas na Universidade do Minho: alvenaria à compressão; (b) Baixa Pombalina (Lisboa).	46
Figura 8: (a) exemplos de ensaios não-destrutivos realizados pela Universidade do Minho: micro-perfuração em tijolo, pedra e argamassa; (b) ensaios sônicos e ultrassônicos; (c) macacos-planos; (d) monitorização e identificação dinâmica; (e) georradar; (f) micro-perfuração em madeira.	47
Figura 9: Fluxograma com a metodologia para intervenções estruturais do ICOMOS (2004)	51
Figura 10: Coberturas mal conservadas	61
Figura 11: Exemplos de degradação da madeira pela exposição às intempéries e má conservação.....	64
Figura 12: Doze tipos de construção com terra crua	75
Figura 13: Infestação de vegetação em obras de pedra.	79
Figura 14: Presença de vegetação em obras de pedra	81

Figura 15: Mecanismos de ruptura devidos à falta de ligação entre os elementos de estruturas em alvenaria devido à ação sísmica, principalmente trânsito de veículos.....	84
Figura 16: (a) Raízes penetrando entre as pedras; (b) Vegetação por toda a fachada, demonstrando total abandono; (c) Vegetação no muro.	85
Figura 17: (a) Evidência de intervenção feita sem o devido cuidado; (b) e (c) Presença de bolor; (d) Evidências de estrutura de pedra danificada devido a intervenção inadequada.....	86
Figura 18: Descolamento de reboco em paredes diversas.....	96
Figura 19: Modelo de autorização	103
Figura 20: Ficha cadastral de levantamento preliminar de dados de imóvel histórico	105
Figura 21: Ficha cadastral de levantamento de danos de imóvel histórico	106
Figura 22 (a): Ficha para caracterização da edificação com a correlação do local e o material empregado.....	108
Figura 22 (b): Ficha de caracterização das instalações com a correlação do material empregado.....	109
Figura 23: (a) Imóvel 1; (b) Imóvel 2; (c) Imóvel 3.....	111
Figura 24: Fachada antiga do imóvel 3 na década de 70	112
Figura 25: Listagem de proprietários e imóveis contemplados em edital.....	125
Figura 26: (a) Conjunto estação total, maleta de transporte, tripé e mira; (b) Estação total.....	126
Figura 27: (a) Prospecção em parede de tijolo maciço; (b) Prospecção em parede de pau-a-pique onde já havia trinca.....	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Etapas necessárias para se atingir o conhecimento da edificação	49
Tabela 2: Aquisição de dados.....	49
Tabela 3: Classificação dos diferentes tipos de ações em estruturas e seus materiais	52
Tabela 4: Causas de deterioração da madeira.....	64
Tabela 5: Ensaio para inspeção da madeira	66
Tabela 6: Informações necessárias de uma edificação propostas por Teles (2002)	69
Tabela 7: Evolução típica das dimensões dos tijolos	88
Tabela 8: Propriedades físicas dos tijolos.	88
Tabela 9: Ensaio necessários para caracterização de tijolos antigos....	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Requisitos dos Rebocos a usar em Edifícios Antigos	98
--	----

LISTA DE SIGLAS

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento

MINC – Ministério da Cultura

UNESCO – United Nations Education, Scientific and Cultural Organization

CRATerre - Center for the Research and Application of Earth Architecture

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Ouro Preto é famosa pela sua arquitetura colonial. Tal magnitude arquitetônica lhe rendeu no ano de 1980, o título de Patrimônio Histórico e Cultural da Humanidade.

Embora não se tenha o nome do descobridor do precioso metal, Antonil (1982) descreve que a pepita foi encontrada no rio Tripuí, entre os anos de 1693 e 1698, sendo 1698 o ano no qual se deu a fundação do arraial¹ do Padre Faria pelo bandeirante Antônio Dias de Oliveira, pelo padre João de Faria Fialho, pelo coronel Tomás Lopes de Camargo e por um irmão deste.

Neste mesmo período, o lugarejo foi invadido por milhares de aventureiros a procura do metal valioso. Estima-se que no ano de 1701, cerca de 1800 quilogramas tenham sido transferidos para Portugal.

Próximo às lavras de ouro, surgiram os primeiros aglomerados populacionais. Estes arraiais resultantes tiveram seu desenvolvimento favorecido em maior ou menor grau em função da pujança das lavras de ouro. Os dois principais, Antônio Dias e Fundo do Ouro Preto, logo se diferenciaram dos demais, por sua maior população e poder econômico. Isso lhes deu direito de possuir Igreja Matriz², fato inusitado para a época. Assim surgiu a Matriz de Nossa Senhora do Antônio Dias e a Matriz de Nossa Senhora do Pilar de Ouro Preto.

Em 1709 foi criada a Capitania³ de São Paulo e Minas de Ouro, tendo Mariana como capital. Dois anos depois, em 1711, foi criada a Vila Rica de Albuquerque, que unificou todos os arraiais existentes naquela região do ouro.

A partir de 1720, Minas de Ouro tornou-se Capitania autônoma e passou a ser denominada Capitania de Minas Gerais, tendo sua Capital transferida para Vila Rica. Em 1808 a Capitania de Minas Gerais tornou-se Província de Minas Gerais.

Após a independência do Brasil, em 1823, Dom Pedro I do Brasil, conferiu à então Vila Rica o título de Imperial Cidade de Ouro Preto, que permaneceu como capital da Província, e posteriormente, do Estado de Minas Gerais, até 1897, ano da inauguração de Belo Horizonte.

¹ Atual bairro Padre Faria.

² Templo católico com jurisdição sobre outras igrejas ou capelas de uma dada localidade ou região eclesiástica.

³ Sistema de divisão de terras à época do Brasil Colônia.

Em 1889, com a transformação do Brasil em República, cada província passou a se chamar Estado e a Província de Minas Gerais passou a se chamar Estado de Minas Gerais.

Ouro Preto é o maior conjunto barroco do mundo. Uma cidade setecentista⁴ em pleno século XXI. Isto foi um dos fatores principais para a UNESCO declará-la como Patrimônio Cultural da Humanidade em 1980.

Do ponto de vista do traçado, Vila Rica consistia basicamente em uma única rua, que principiava na principal entrada da cidade (Passadez). Daí subia-se a ladeira até o Passadez de cima, descendo novamente até o Caquende (Rosário). Entrava-se pela Ponte Seca, seguindo até o largo da Matriz, que tinha sua porta principal de frente para a ladeira do Pilar, a antiga Rua Direita do Ouro Preto. Subia-se esta ladeira, continuando pela ladeirinha íngreme até o alto do Morro de Santa Quitéria, onde está hoje a Praça Tiradentes. Descia-se a Rua Direita do Antônio Dias até a Matriz e a ponte do Antônio Dias. Subia-se novamente a ladeira do Vira-saia, pelo antigo caminho mais íngreme até o Alto da Cruz, descendo-se o Padre Faria. Cruzando a pequena ponte, subia-se pela Rua da Fumaça até o Taquaral, saída da cidade para Mariana, como apresenta a figura 1.

A partir da segunda metade do século XX, Ouro Preto sofreu uma pressão de renovação e ocupação sentida na sua forma física e na sua organização como cidade. A transformação do espaço – os parcelamentos, desmembramentos, novos arruamentos, novas edificações e acréscimos – evidenciou não só, modificações na forma de uso e ocupação do solo, na paisagem urbana, na relação com o espaço público, mas também a repetição de elementos tradicionais, o colonial eleito como marca.

Finalmente, a instalação de grandes mineradoras e de uma grande indústria metalúrgica no Município, atraiu uma parcela significativa de famílias de outros municípios, ocasionando uma pressão sobre o território urbano e a ocupação dos espaços até então vazios no centro histórico.

⁴ Cidades surgidas no Século XVIII

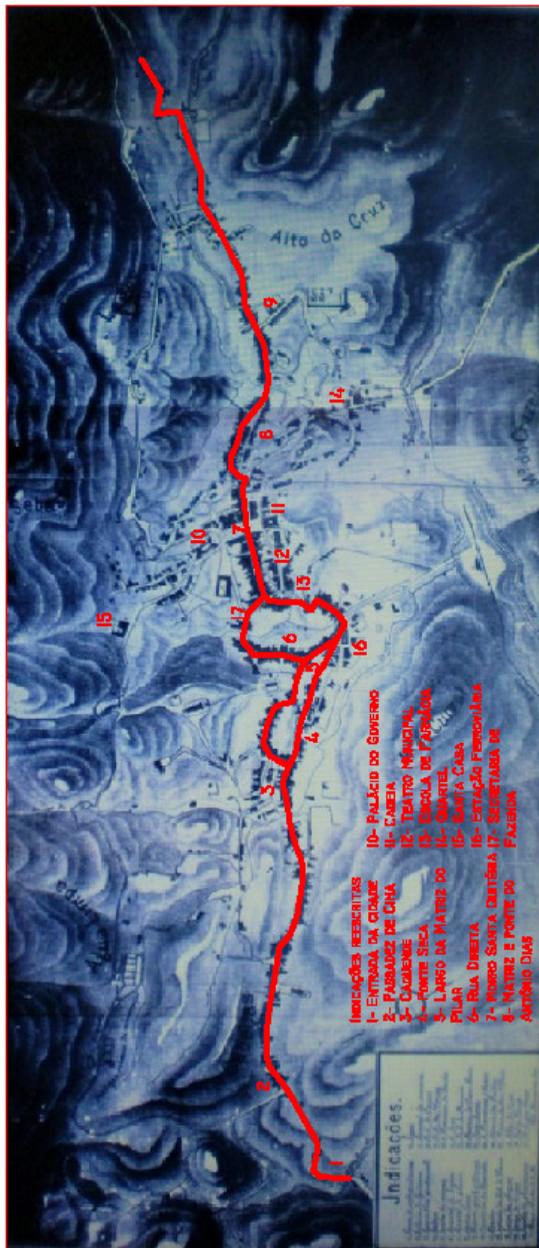


Figura 1: Configuração inicial de Ouro Preto - Mapa de Ouro Preto - 1888
 FONTE: Adaptado de Biblioteca Nacional, em VIEIRA. 2006

O êxodo rural e novas levas de trabalhadores, associados à extinção do regime de sesmarias⁵, em 1979, resultaram na ocupação indiscriminada de encostas e sítios arqueológicos, destruindo irremediavelmente o campo de ruínas do Morro da Queimada. Este local ficou famoso por ter suas casas queimadas em 1720, após o movimento conhecido como “Revolta de Felipe dos Santos”.

Hoje em dia, este traçado se transformou em várias ruas que são chamadas de setecentistas. Nestas, a preservação dos sistemas construtivos é levada a rigor pelos órgãos competentes. Toda a parte histórica da cidade é protegida por lei para que se mantenha a arquitetura no estilo colonial.

Sylvio de Vasconcellos, arquiteto do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN, realizou um inventário da cidade de Ouro Preto em 1949. Ele sugeriu, até meados do século XX, um zoneamento que “...define-se nas vertentes, demarcando-se pelos eixos transversais da vila, que acompanham os espíões dos contrafortes da serra do Ouro Preto e os cursos d’água que os delimitam”. Em seu livro, ele repetiu a subdivisão da cidade adotada no inventário de 1949 e facilitada por suas pontes e outeiros: Cabeças, Rosário, Centro, Pilar, Carmo, Palácio, Antônio Dias, São Francisco, Lages, Dores e Alto da Cruz.

Vasconcellos (1949) ainda remarcou que a concentração comercial na cidade sempre foi favorecida, com destaque para a concentração profissional – como Beco da Ferraria, Ladeira dos Caldeireiros, Rua dos Mercadores – e que as zonas extremas – Cabeças, Padre Faria, Alto da Cruz – encontravam-se pobres e servidas por pequenos núcleos de comércio próprio. Este arruamento foi denominado por ele de caminho tronco: ele pode ser identificado na figura 2 e 3. Na figura 2, se percebe, a cidade foi setorizada por zonas e o caminho tronco se situa na ZPE. Os significados das respectivas siglas são ZAR – Zona de adensamento restrito, ZPAM – Zona de proteção ambiental, ZIE – Zona de interesse especial, ZA – Zona de adensamento, ZEIS – Zona de especial interesse social e ZPE – Zona de proteção especial. (Lei Complementar n° 30 de 28 de dezembro de 2006).

⁵ A posse das terras era controlada pela Igreja Católica, que representava a Coroa Portuguesa.

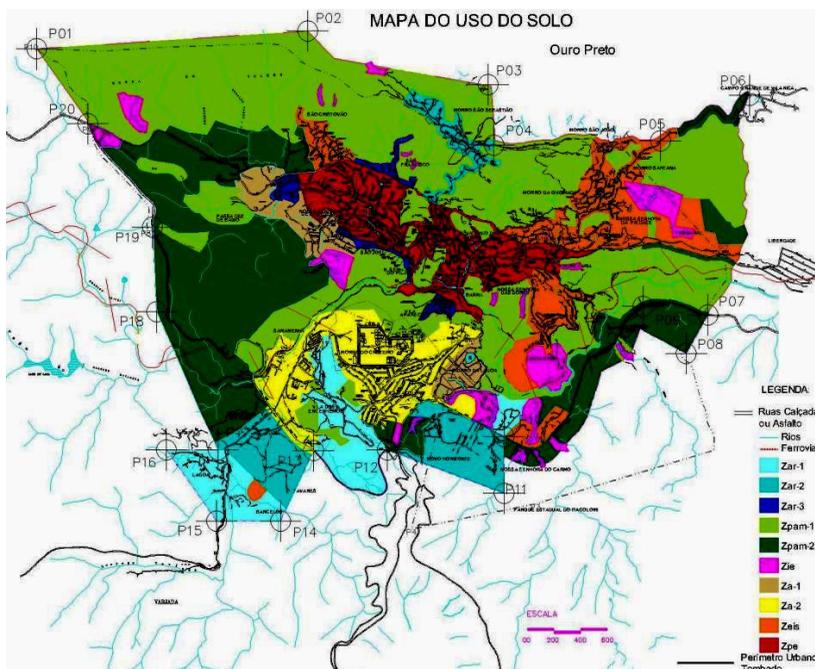


Figura 2: Mapa de zoneamento de Ouro Preto - Configuração inicial.

FONTE: Instituto de Geociências Aplicadas – pesquisa direta (jun./jul./ago./2003).

Em 2002, o IPHAN, através do Programa Monumenta e com o apoio do Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID, Ministério da Cultura – MinC e *United Nations Education, Scientific and Cultural Organization* – UNESCO, realizou o Inventário Nacional de Bens Imóveis dos Sítios Urbanos tombados dos Municípios de Ouro Preto e Mariana, cujo objetivo era dar subsídios para futuras ações de planejamento e gestão destas cidades.

Este, também serviu de subsídio para o cadastramento dos imóveis a fim de que recebessem recursos financeiros para sua conservação e restauro.

O trecho inventariado concentrou-se nas áreas consideradas mais significativas do ponto de vista cultural e histórico – o chamado caminho tronco⁶ – que abrange os bairros ou regiões de Cabeças,

⁶ Vila Rica formou-se a partir de um eixo estruturador: ao longo das catas de ouro eram construídas barracas, organizadas em torno de uma capela provisória, que consolidaram os arraiais e, em 1711, uma vila que se desenvolveu ao longo de um caminho tronco.

Rosário, Pilar, Centro, Lages, Carmo, Antônio Dias, Santa Efigênia e Padre Faria, como apresenta a figura 3.



Figura 3: Trecho do caminho tronco.

FONTE: IPHAN. INBI-SU. 2002, em VIEIRA, 2006.

2 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

A preservação dos processos construtivos do casario antigo é importantíssima para a manutenção do título de Patrimônio Cultural da Humanidade da cidade de Ouro Preto.

Em Ouro Preto, cuja maioria das construções sofreu forte influência da arquitetura portuguesa, o uso de pedra seca, de terra crua e de madeira foram as técnicas mais empregadas nas edificações (VASCONCELLOS, 1949). O uso da terra para construção foi empregado tradicionalmente nas técnicas de taipa e tijolos de adobe por serem técnicas econômicas e já empreendidas há décadas. Existem variadas técnicas de uso deste material natural, com características e qualidades únicas, nomeadamente de controle térmico e umidade bem como a sua influência na qualidade do ar nas habitações.

Através dos estudos realizados por técnicos do IPHAN entre os anos 2000 e 2002 (IPHAN, 2002), verificou-se a viabilidade técnica de utilização, nos dias de hoje, dos mesmos processos construtivos empregados na construção civil daquela época. Vislumbra-se a possibilidade do uso dessas técnicas, o que é extremamente importante do ponto de vista cultural, econômico e ambiental.

O emprego de um processo produtivo artesanal e o uso restrito de técnicas racionais modernas, somado ao fato de que somente uma pequena parcela dos imóveis antigos permanece com os sistemas construtivos inalterados, gera uma grande oportunidade de estudos e pesquisas, que são importantíssimos para a intervenção em outros imóveis de mesmas características e valor histórico.

Grande quantidade de imóveis necessita de alguma intervenção. Estes imóveis podem e devem sofrer intervenções usando os mesmos processos construtivos com os quais eles foram erguidos. Também, o emprego de tais técnicas não causaria impacto negativo ao patrimônio histórico.

Mas o que se tem visto é a grande maioria dos imóveis sofrendo intervenções sem o cuidado da manutenção das características originais, como mostram os estudos realizados por técnicos do IPHAN no período 2000 – 2002 (IPHAN, 2002), onde constataram que o cimento e o aço têm sido muito utilizados nas intervenções estruturais feitas recentemente, assim como tijolos cerâmicos e blocos sílico-aluminoso nas intervenções em alvenarias, muitas delas sem projetos, como mostra a figura 4. Isto provoca a descaracterização do patrimônio da cidade.

Acredita-se que poucos imóveis do caminho tronco ainda conservam as características construtivas originais.



Figura 4: (a) Inserção de vigas e pilares metálicos em obra antiga; (b) fechamento de vão em parede de pedra com tijolo cerâmico.

O conhecimento dos processos construtivos antigos não impede o emprego de novos processos. Isto pode ser visto como inserção de novas tecnologias, com a modernização e adaptação dos processos antigos. Certamente também minimizam os danos ao patrimônio histórico. Mas é certo que o conhecimento dos processos construtivos originais possibilita ao engenheiro construtor uma intervenção de forma adequada na edificação. Esse fato foi que nos levou a fazer este trabalho.

A figura 5 evidencia o processo produtivo artesanal da cidade de Ouro Preto, MG, principalmente no caminho tronco onde se concentram as principais edificações históricas.

Segundo Fernandes et al (2003), na conservação de monumentos históricos, existem dois aspectos fundamentais: a reparação mínima bem como a durabilidade e compatibilidade dos materiais.

Primeiramente deve-se fazer a caracterização completa do estado de conservação da construção, para que se possam definir os elementos a remover, reforçar, ou preservar e manter. Em seguida deve-se empregar materiais semelhantes aos materiais presentes na construção a intervir, e que os seus comportamentos sejam compatíveis. Assim sendo, as propriedades dos materiais a aplicar deverão ser semelhantes às propriedades dos materiais presentes na construção antiga (FERNANDES et al, 2003).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 5: (a) Casa de pau-a-pique, com estrutura de madeira e fundação em pedra; (b) casa de pedra e pau-a-pique, com estrutura e fundação em pedra; (c) casa de adobe, com estrutura de madeira e fundação em pedra; (d) casa de pau-a-pique, com estrutura de madeira e fundação em pedra revestida.

Ainda segundo Fernandes et al (2003), do ponto de vista da intervenção, o mais eficaz seria caracterizar “in situ”, a partir de técnicas não destrutivas ou ligeiramente destrutivas, o estado de conservação e as propriedades dos materiais presentes, para se poder definir uma metodologia adequada, compatível com as exigências de segurança, reversibilidade e durabilidade. A caracterização das propriedades dos materiais presentes nas construções antigas revela-se da maior importância, quer para avaliação do estado de conservação da construção, quer para definir materiais de substituição compatíveis.

Nas edificações históricas, frequentemente os materiais tradicionais são mutilados ou destruídos por engenheiros que não reconhecem a diferença entre as técnicas antigas e as novas. Também se

verifica que, mesmo quando são empregadas as técnicas de conservação adequadas, existe a tendência das entidades reguladoras e dos engenheiros requererem que as estruturas estejam em conformidade com os regulamentos atuais. Isto é muitas vezes inaceitável, visto que os regulamentos foram escritos tendo em mente outras formas de construção, pelo que a sua aplicação em materiais, tecnologias e formas tradicionais que pertencem a estruturas existentes é excessivamente conservadora (LOURENÇO, 2005).

Lourenço (2005) acredita que recomendar não tomar qualquer medida pode implicar mais estudos e mais custos reais do que uma recomendação para grandes intervenções.

Os procedimentos das intervenções modernas exigem um levantamento cuidadoso da estrutura, bem como a compreensão da sua história. Segundo Lourenço (2005), qualquer estrutura tradicional é o resultado da concepção e construção originais, das diversas alterações deliberadamente realizadas e da deterioração devida ao tempo e eventos excepcionais. Ele salienta ainda o papel do engenheiro na conservação de estruturas antigas e a necessidade de um engenheiro, especialista nesta área, dever estar envolvido desde o início na equipe de peritos associados ao processo.

As recomendações do ICOMOS (2004) contêm princípios, onde são apresentados os conceitos fundamentais de conservação, e um guia, onde são discutidas as regras e a metodologia que o projetista deve seguir. As recomendações apresentadas neste documento são compostas por duas partes: princípios, onde os conceitos básicos sobre conservação são apresentados, e guia, onde se debatem as regras e a metodologia que os projetistas devem seguir. Apenas os princípios possuem o estatuto de um documento aprovado / ratificado pelo ICOMOS.

Pretende-se que estas recomendações sejam úteis a todos aqueles que estejam envolvidos em problemas de conservação e restauro, não podendo, de forma alguma, substituir o conhecimento específico adquirido em publicações culturais e científicas (ICOMOS 2004).

Segundo Lourenço (2004), atualmente já estão disponíveis Normas e Pré-normas, pelo menos no que diz respeito à reabilitação sísmica, que é habitualmente uma das maiores preocupações da comunidade técnica internacional.

O objetivo de todos os estudos, investigações e intervenções é salvaguardar os valores históricos e culturais das construções como um todo (ICOMOS, 2004).

O conhecimento de uma edificação histórica, principalmente da sua estrutura, requer informação sobre a sua concepção, sobre as

técnicas utilizadas na sua construção, sobre os processos de degradação e dano, sobre alterações que a tenham afetado e, finalmente, sobre o seu estado atual (ICOMOS, 2004).

Considera-se que a arquitetura, ao lado das artes plásticas, é uma das formas de expressão que mais depende de seu material original. Assim, para manter uma fonte histórica de uma edificação, torna-se imprescindível a conservação do material original da construção. Conclui-se então a importância de se conhecer, com segurança, o estado de uma edificação para planejar sua conservação, restauro ou adequação de uso (TELES, 2002).

Diante do que foi exposto, pode-se afirmar que é relevante a disponibilização de informações que auxiliem os projetos de intervenção em centros e sítios históricos. Sob este prisma, pretende-se contribuir com informação referente à caracterização de toda a edificação histórica. Isto envolve principalmente as características mecânicas e físicas das alvenarias, das coberturas, das esquadrias e das estruturas das edificações antigas, bem como fornecer referências para recomendações e procedimentos que visam orientar e acompanhar as intervenções em edifícios antigos.

3 OBJETIVOS

Este trabalho visa propor uma metodologia para caracterizar os processos construtivos empregados em edificações históricas, principalmente as situadas no eixo tronco da cidade de Ouro Preto, definindo quais os materiais e quais as técnicas foram empregadas nestas construções. A partir daí, fornecer subsídios para que as intervenções nos imóveis sejam compatíveis com sua importância histórica.

A presente dissertação tem como base disponibilizar uma metodologia para caracterização de qualquer imóvel, principalmente os de valor histórico, facilitando o cadastro para novos inventários da cidade de Ouro Preto. A partir dele, novos imóveis poderão ser cadastrados, o que possibilitará o favorecimento na aquisição de recursos para conservação e restauro.

Este trabalho está embasado em caracterizações dos processos construtivos já realizadas por vários pesquisadores para, a partir daí, fornecer subsídios para que sejam adotados esses mesmos processos nas reformas e restauro dos imóveis de relevante valor histórico, de forma a não os descaracterizar.

a) Objetivo Geral

Propor um método para caracterização dos processos construtivos das edificações residenciais históricas, principalmente as situadas em ruas setecentistas da cidade de Ouro Preto, de forma a possibilitar a definição de diretrizes para que projetistas e construtores sejam capazes de reproduzir quase fielmente os processos e as técnicas empregadas nas edificações que necessitam de alguma intervenção física, sem descaracterizar o Patrimônio Histórico.

b) Objetivos específicos

- Selecionar imóveis de valor histórico que necessitem de algum tipo de intervenção para mantê-los em boas condições de conservação;
- Criar um banco de dados dos imóveis de valor histórico que serão submetidos a algum tipo de intervenção;

- Criar registro fotográfico das edificações identificadas para futuros estudos;
- Efetuar o levantamento cadastral das edificações selecionadas para futuras pesquisas;
- Identificar e correlacionar os processos construtivos empregados em cada elemento constitutivo da edificação e também em suas instalações;
- Indicar os ensaios mais adequados para caracterizar os materiais.

Delimitação do estudo: o presente trabalho está delimitado à determinação dos principais processos construtivos das edificações residenciais históricas de Ouro Preto.

4 OURO PRETO E O PATRIMÔNIO HISTÓRICO

Muitas edificações situadas no eixo tronco de Ouro Preto são tricentenárias. Então, a grande pergunta que se faz é: Como uma edificação com quase 300 anos pode estar de pé até hoje, e ainda conservando o processo construtivo original?

A durabilidade dessas edificações antigas está ligada à conservação por seus proprietários e à presença de órgãos como o IPHAN e BID (*Banco Interamericano de Desenvolvimento*). Estes fiscalizam e incentivam a manutenção desses imóveis, inclusive através de recursos financeiros. Em alguns casos, é o proprietário que faz questão de preservar seu imóvel de forma original e que arca com todos os custos.

De acordo com o IPHAN, e conforme o artigo 17 do Decreto-lei 25, de 30/11/1937, toda intervenção deve ter um projeto previamente aprovado por ele.

Pela política de preservação do IPHAN, as primeiras ações nos centros tombados, da sua criação em 1937 até a década de 1960, trataram a cidade como expressão estética. Esta atuação inicial refletiu nos critérios adotados para intervenções e obras novas e influencia até hoje as políticas preservacionistas e o entendimento que as comunidades urbanas têm sobre o valor das cidades como patrimônio (VIEIRA, 2006).

A preocupação do IPHAN com a fachada e a cobertura evidencia as práticas restaurativas e a indicação de elementos tipológicos entendidos como setecentistas: cobertura em duas águas, com telha colonial e cumeeira paralela à rua; portas e janelas em madeira, do tipo guilhotina, com pintura de tinta a óleo; fachada caiada, normalmente de branco. Os critérios adotados buscavam a preservação da arquitetura colonial, do autêntico, mas geralmente restringiam-se ao exterior das edificações (VIEIRA, 2006).

As intervenções modernas de reabilitação de edifícios antigos passam pelo estudo e análise laboratorial dos componentes construtivos, para que a nova intervenção venha restabelecer o equilíbrio do conjunto construído (BAPTISTA, 2004).

De acordo com Simão (1996), até 1989 a aprovação de projetos ocorria caso a caso, baseada no bom senso do técnico que avaliava o pedido de restauro, acréscimo, parcelamento, desmembramento, obra nova, demolição, alterações na fachada e volumetria. A partir de 1989,

um grupo de profissionais do IPHAN, em parceria com o Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais, IEPHA/MG, começou a sistematizar as informações existentes sobre o assunto em Ouro Preto.

Ainda segundo Vieira (2006), no primeiro momento de atuação do IPHAN em Ouro Preto recomendava-se a avaliação dos pedidos de reforma ou edificação nova através de croquis e fotos, inclusive do entorno. Com o aumento do número de projetos, a partir da retomada econômica da cidade, os critérios da primeira fase começaram a ser substituídos por normas que também passaram a ser aplicadas em edificações novas no tecido urbano original e nas áreas novas em processo de ocupação.

Com a retomada econômica da cidade de Ouro Preto na década de 1960, as normas e referências ao casario tradicional consolidaram-se em exigências específicas e rígidas para o detalhamento das fachadas das novas edificações.

Com o tempo, os projetos já vinham com essas normas incorporadas, criando uma imagem urbana caracterizada pela intenção estetizante da instituição e criando um padrão chamado “estilo patrimônio”⁷. Todo projeto construído contrário a este padrão seria demolido e reconstruído. Já a partir de 1979, essas normas foram sistematizadas na forma de cartilha.

O IPHAN, ao recriar a prática da restauração nas primeiras décadas de sua atuação nos centros tombados, elegeu um padrão com viés estetizante de uma fase de Ouro Preto, indicando o uso de elementos tipológicos. Essa prática continuada gerou um padrão para toda a cidade, que poderemos chamar de arquitetura pseudocolonial, onde se outorgou à fachada um papel primordial com objetivo de conservar a imagem da cidade (VIEIRA, 2006).

O papel do IPHAN e da Prefeitura Municipal na ordenação do espaço urbano e na aprovação de projetos em um período mais recente – principalmente quanto à ocupação dos morros e periferia da cidade – é fundamental para o entendimento e identificação das principais tipologias arquitetônicas no Conjunto Arquitetônico e Urbanístico da cidade de Ouro Preto. Desta forma, procurou-se identificar de maneira sistemática tais critérios e normas e a importância destes no processo recente de ocupação da cidade e no surgimento ou consolidação das

⁷ Ofício nº 72, de Sylvio de Vasconcellos para Fernando Leal, em 22/04/1963. Fonte: IPHAN Belo Horizonte.

tipologias. É importante esclarecer que a identificação das tipologias ocorrerá dentro do perímetro tombado, com ênfase no núcleo histórico.

Em abril de 2004, foi aprovada pelo Governo Federal, a Portaria nº. 122, que dispõe sobre as diretrizes e critérios para intervenções urbanísticas e arquitetônicas em área integrante do Conjunto Arquitetônico e Urbanístico da Cidade de Ouro Preto, considerando a necessidade de uniformizar os procedimentos adotados para a aprovação de projetos para execução de obras no referido conjunto. Tais procedimentos destinam-se a uma parte do Conjunto tombado – a Zona de Proteção Especial 1 (ZPE1) –, terminologia criada pelo Plano Diretor aprovado pela Câmara Municipal de Ouro Preto, em dezembro de 1996, que o IPHAN achou por bem adotar.

A ZPE1 corresponde ao núcleo histórico, à ocupação mais antiga e, conseqüentemente, também aos imóveis mais antigos da cidade: o caminho tronco. Dessa forma, instituíram-se normas para parte do conjunto tombado e não para todo o perímetro, delimitado pelo IPHAN em 1989. Este conjunto foi denominado de Zona de Proteção Especial (ZPE).

Existem poucas pesquisas realizadas sobre processos construtivos da época do Brasil Colônia. Estudos realizados entre os anos 2000 e 2002 por técnicos do IPHAN na cidade de Ouro Preto (IPHAN, 2002) mostraram que a variabilidade de intervenções nas construções é muito grande. Na maioria das vezes, nem o projetista, nem o engenheiro construtor têm o conhecimento necessário para realizar qualquer intervenção em edificações históricas.

Essas intervenções são feitas sem controle das especificações e quantidades exatas dos diferentes materiais que compõem as edificações. A introdução de novos elementos é feita empiricamente, sem preocupação com o correto processo construtivo empregado à época. Com isso, o patrimônio fica dilapidado.

Para facilitar os trabalhos de intervenção em edificações históricas, Klein et al. (1999) propuseram uma metodologia para “levantamento do existente” que deve preceder a recuperação de obras históricas, abrangendo os seguintes tópicos da edificação:

- levantamento dimensional;
- identificação do tipo de construção;
- identificação do sistema estrutural;
- identificação do tipo de fundação;
- tipo de materiais empregados;

- levantamento dos quadros patológicos com documentação fotográfica;
- coleta de amostras e ensaios de campo;
- levantamentos complementares;
- análise do sistema alvenaria x reboco x pintura;

Para facilitar o entendimento, comentar-se-á a seguir sobre algumas partes constituintes de uma edificação.

4.1 - AS ESTRUTURAS DAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS

A ausência de normalização para regular a intervenção nas estruturas do patrimônio edificado dificulta de forma óbvia estas intervenções. Recomendações do ICOMOS (2004) recentemente aprovadas facilitaram o trabalho nestas intervenções. Estas recomendações destinam-se a ser úteis para todos os envolvidos nos problemas de conservação e restauro, e não exclusivamente à vasta comunidade de engenheiros.

Lourenço (2005) afirma que existem ferramentas e conhecimento hoje em dia no mercado, com uma capacidade extraordinariamente elevada de intervenção em uma edificação histórica, sendo a principal delas as recomendações do ICOMOS (2004). Nos últimos anos, houve avanços significativos na caracterização experimental e em ferramentas para análise numérica e diagnóstico de estruturas antigas (LOURENÇO, 2004). Para validar isto, ele apresentou três casos de estudos de intervenções em patrimônio construído de valor cultural. Alguns exemplos deste estudo são mostrados nas figuras 6, 7 e 8.

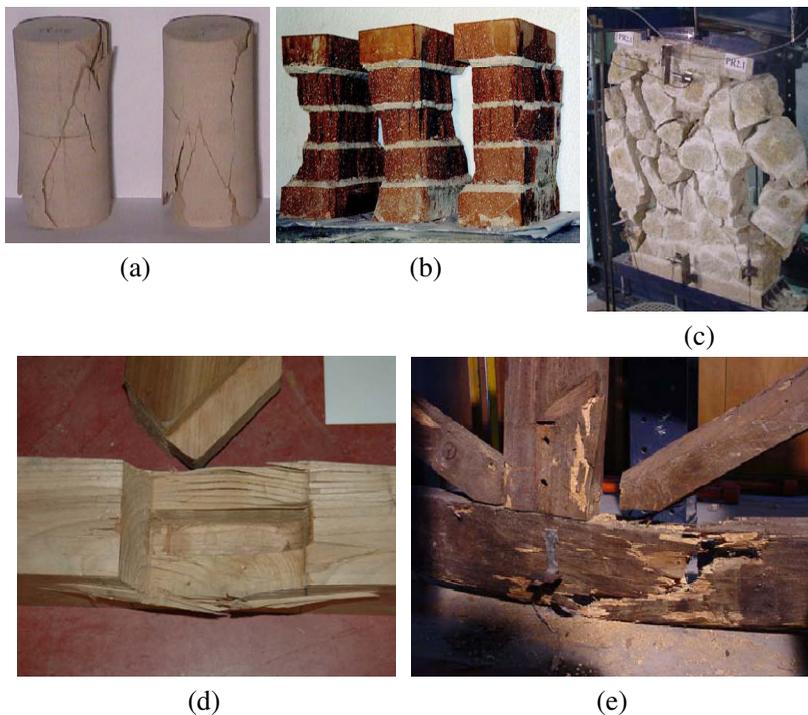


Figura 6: (a) exemplos de caracterização experimental e colapso de estruturas antigas na Universidade do Minho: amostra cilíndrica de pedra submetida a compressão uniaxial; (b) alvenaria submetida a compressão uniaxial; (c) parede de pedra irregular submetida ao cisalhamento; (d) ligação tradicional em madeira; (e) tesoura em madeira antiga.

Fonte: Lourenço (2005)

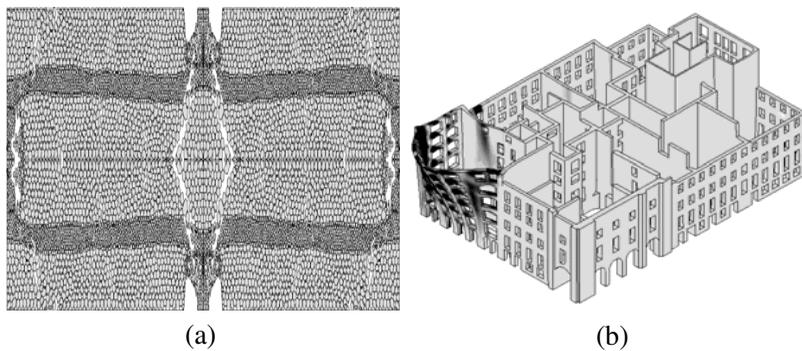
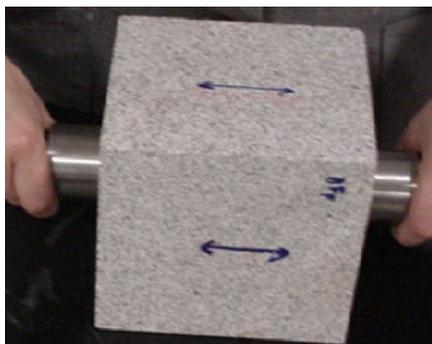


Figura 7: (a) exemplos de simulações numéricas na Universidade do Minho: alvenaria à compressão; (b) Baixa Pombalina (Lisboa).

Fonte: Lourenço (2005)



(a)



(b)



(c)



(d)



Figura 8: (a) exemplos de ensaios não-destrutivos realizados pela Universidade do Minho: micro-perfuração em tijolo, pedra e argamassa; (b) ensaios sônicos e ultrassônicos; (c) macacos-planos; (d) monitorização e identificação dinâmica; (e) georradar; (f) micro-perfuração em madeira.

Fonte: Lourenço (2005)

A análise de construções antigas é um grande desafio devido à complexidade da sua geometria, à variabilidade das propriedades dos materiais tradicionais, às diferentes técnicas de construção, à inexistência de conhecimento acerca do dano provocado por ações que afetaram a construção durante a sua vida e à falta de normas aplicáveis. Além disto, existem limitações significativas no que diz respeito à extração de corpos-de-prova em edifícios de maior valor cultural, e os elevados custos inerentes à inspeção e diagnóstico frequentemente resultam em informação limitada sobre a constituição interna dos sistemas de construção e sobre as propriedades dos materiais existentes (LOURENÇO, 2005).

Os procedimentos das intervenções modernas exigem um levantamento cuidadoso e criterioso da estrutura, bem como a compreensão da sua história. Qualquer estrutura tradicional é o resultado da concepção e construção originais, das diversas alterações deliberadamente realizadas e da deterioração devida ao tempo e eventos excepcionais.

A prática de inspeções periódicas é uma ferramenta indispensável para a conservação de estruturas, possibilitando que medidas reparatórias sejam tomadas em tempo. Uma inspeção cuidadosa é também um vital estudo preliminar para qualquer obra de restauro de edificação ou de adequação a novos usos ou padrões. Para garantir o

levantamento de informações necessárias para um trabalho multidisciplinar posterior, é importante que o inspetor siga uma metodologia pertinente. Registrará assim, uma descrição completa dos problemas para facilitar a identificação de soluções adequadas (TELES, 2002).

O trabalho do engenheiro ou arquiteto em edifícios antigos deve levar em conta que muito do esforço despendido na compreensão do estado atual do imóvel necessita da compreensão do processo histórico. A combinação do conhecimento científico e cultural com a experiência é indispensável para o estudo de todo o patrimônio arquitetônico. Somente assim, o guia proposto pelo ICOMOS (2004) pode ajudar a uma melhor conservação, reforço e restauro das construções.

A conservação do patrimônio arquitetônico requer normalmente uma abordagem multidisciplinar, que ultrapassa simples considerações técnicas, uma vez que a investigação histórica pode descobrir aspectos que envolvem o comportamento estrutural, e que as questões históricas podem ser respondidas através da análise do comportamento estrutural. Assim, a conservação do patrimônio arquitetônico deve envolver profissionais e organizações de diversas áreas como, por exemplo, engenharia, arquitetura, arqueologia e história (LOURENÇO, 2005).

Segundo ICOMOS (2004), qualquer planejamento para a conservação estrutural requer tanto dados qualitativos, baseados na observação direta da degradação dos materiais e dos danos estruturais, pesquisa histórica etc., como também dados quantitativos baseados em ensaios específicos e modelos matemáticos do tipo dos utilizados na engenharia moderna.

Os aspectos subjetivos envolvidos no estudo e na avaliação da segurança de uma construção histórica, as incertezas nos dados assumidos e as dificuldades no estabelecimento de uma avaliação precisa dos fenômenos podem conduzir a conclusões de confiabilidade incertas. Desta forma, é importante apresentar claramente todos estes aspectos, nomeadamente o cuidado colocado no desenvolvimento do estudo e a confiabilidade dos resultados, em “Relatório de Avaliação”. Este relatório requer uma análise crítica e cuidadosa da segurança da estrutura, de forma a justificar as medidas de intervenção, e facilitará o parecer final sobre a segurança da estrutura e as decisões a tomar (ICOMOS, 2004).

A avaliação de uma edificação requer frequentemente que se considere a construção como um todo, e não apenas avaliar elementos individuais (ICOMOS, 2004).

Teles (2002) considera que dentro do trabalho de conservação existem várias etapas que podem ser abordadas, como a inspeção das estruturas, o levantamento dos quadros patológicos, recursos para simulação e cálculo das estruturas e soluções para reforço de estruturas em serviço. Conhecendo a importância do lema da conservação “conhecer para preservar”, considera-se que o trabalho de inspeção é a primeira etapa deste tipo de trabalho e uma condição importante para que qualquer outra etapa seja executada com êxito.

Para facilitar a compreensão das recomendações do ICOMOS (2004), a tabela 1 orienta sobre as etapas necessárias para se atingir o conhecimento da edificação, já a tabela 2 descreve cada etapa para aquisição de dados.

Tabela 1: Etapas necessárias para se atingir o conhecimento da edificação

ETAPA	O QUE FAZER
1	Definição, descrição e compreensão do significado histórico e cultural da construção.
2	Descrição dos materiais e das técnicas originais da construção.
3	Investigação histórica abrangendo a vida completa da estrutura, incluindo tanto as modificações da sua forma, como quaisquer intervenções estruturais anteriores.
4	Descrição da estrutura no seu estado atual incluindo a identificação de danos, degradações e possíveis fenômenos em curso, adotando formas de ensaio apropriadas.
5	Descrição das ações envolvidas, do comportamento estrutural e dos tipos de materiais usados.

Tabela 2: Aquisição de dados

ETAPA	OBJETIVO	COMO FAZER
Investigação histórica, estrutural e arquitetônica	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender a concepção e a importância da construção, as técnicas e a mão-de-obra utilizadas na sua execução, as alterações posteriores tanto na estrutura como na alvenaria e quaisquer ocorrências que possam ter causado danos ao imóvel. 	<ul style="list-style-type: none"> - registrar documentos utilizados; - verificar confiabilidade das fontes; - identificar claramente as hipóteses admitidas na interpretação do material histórico; - prestar atenção especial a quaisquer danos, colapsos, reconstruções, acréscimos, alterações, trabalhos de restauro, modificações estruturais e quaisquer modificações no uso da construção que conduziram à sua condição presente.

Inspeção visual da construção	<ul style="list-style-type: none"> • identificar degradações e danos; • determinar se os fenômenos estão ou não estabilizados; • decidir se existe ou não risco imediato e, se necessário, definir medidas urgentes a serem tomadas; • identificar quaisquer efeitos do meio ambiente sobre a construção. 	<ul style="list-style-type: none"> - mapear dos danos visíveis; - fazer desenhos da inspeção representando os diferentes tipos de materiais, indicando quaisquer degradações, irregularidades estruturais e danos, prestando atenção especial aos padrões de trincas e aos fenômenos de esmagamento; - verificar a influência do meio ambiente nos danos da construção; - observar detalhadamente áreas onde os danos estão concentrados
Investigação no local e ensaios em laboratório	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar as características mecânicas (resistência, deformabilidade etc.), físicas (porosidade etc.) e químicas (composição etc.) dos materiais, as tensões e deformações da estrutura, a presença de descontinuidades na estrutura etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - realizar preferencialmente ensaios não-destrutivos; - avaliar o custo-benefício da realização de aberturas de sondagem e com pequenas intervenções na estrutura, tomando em consideração a perda de material com valor cultural, quando necessário a realização de ensaios destrutivos; - utilizar métodos diferentes, comparando os respectivos resultados entre si sempre que possível; - quando necessário, realizar ensaios em amostras selecionadas, recolhidas da estrutura.
Monitorização	<ul style="list-style-type: none"> • registro de alterações de deformações, larguras de fenda, temperatura etc. • registrar vibrações, como as que ocorrem em zonas sísmicas. • pode também assumir a função de alarme. 	<ul style="list-style-type: none"> - colocar testemunhos ou fissurômetros. - Usar sistemas de monitorização computadorizados, para registrar os dados em tempo real, se necessário; - fazer análise custo-benefício, para que sejam recolhidos apenas os dados estritamente necessários para revelar a evolução dos fenômenos.

A metodologia recomendada pelo ICOMOS (2004), descrita acima, é apresentada de forma simplificada na figura 9, mostrada através de um fluxograma, onde é salientada a necessidade de adotar um processo interativo entre as etapas de aquisição de dados, comportamento estrutural, e diagnóstico e segurança.

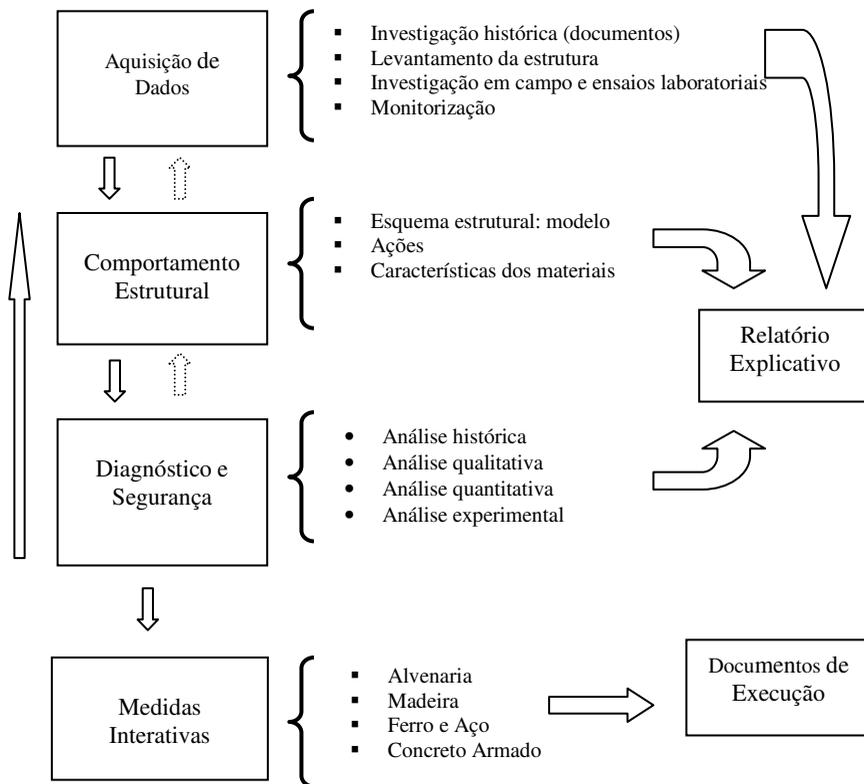


Figura 9: Fluxograma com a metodologia para intervenções estruturais do ICOMOS (2004)

Fonte: Adaptado de Lourenço (2005)

4.1.1 - O comportamento estrutural

O comportamento de qualquer estrutura é influenciado por três fatores principais: a forma e as ligações da estrutura, os materiais de construção e os esforços solicitantes, as acelerações e deformações impostas (as ações). Ele depende das características dos materiais, das dimensões da estrutura, das ligações entre os diferentes elementos, das condições do terreno etc. O comportamento real de uma construção é normalmente tão complexo que obriga a que seja representado através de um “esquema estrutural” simplificado, ou seja, através de uma idealização da construção que mostre, com o grau de precisão adequado, como é que esta resiste às diversas ações (ICOMOS, 2004).

O esquema utilizado deve considerar quaisquer alterações e degradações, tais como fendas, descontinuidades, esmagamentos, inclinações, reforço etc., cujo efeito pode influenciar significativamente o comportamento estrutural. Estas alterações podem ser provocadas tanto por fenômenos naturais como por intervenções humanas.

As degradações devidas à ação química, física ou biológica podem reduzir a resistência dos materiais da estrutura. Embora as degradações possam manifestar-se à superfície, sendo facilmente visíveis através de uma inspeção superficial (eflorescências, porosidade elevada etc.), existem também processos de degradação que só podem ser detectados através de ensaios mais sofisticados (ICOMOS, 2004).

Frequentemente a estrutura é afetada por várias ações (ou modificações das ações originais), as quais devem ser claramente identificadas antes de se definirem as medidas de reparação.

As ações podem ser classificadas em ações mecânicas que afetam a estrutura e ações químicas e biológicas que afetam os materiais. As ações mecânicas são estáticas ou dinâmicas, sendo as primeiras diretas ou indiretas (Tabela 3).

Tabela 3: Classificação dos diferentes tipos de ações em estruturas e seus materiais

Fonte: ICOMOS (2004)

<p>Ações mecânicas (atuam na estrutura e produzem tensões e deformações no material. Resultam em fendilhação, esmagamento e movimentos visíveis)</p>	Estáticas	Diretas	Ações permanentes (peso da construção etc.) e ações variáveis (equipamentos, pessoas, etc.)
		Indiretas	Consistem em deformações impostas à estrutura (assentamentos do terreno), ou produzidas nos materiais (movimentos térmicos, fluência da madeira, retração da argamassa etc.). Estas ações, que podem variar continuamente ou ciclicamente, produzem esforços apenas se as deformações forem impedidas de se desenvolver.
	Dinâmicas	Produzidas quando uma estrutura fica sujeita a acelerações resultantes de terremotos (sismos), vento, furacões, vibrações de máquinas etc.	

<p>Ações físicas, químicas e biológicas</p>	<p>Atuam sobre os materiais alterando a sua natureza, habitualmente resultando em uma forma diferente de degradações e afetando a sua resistência.</p> <p>As propriedades dos materiais podem alterar-se com o passar do tempo devido a processos naturais característicos de cada material, tais como o endurecimento lento da argamassa de cal ou as degradações internas lentas.</p> <p>As mudanças químicas podem acontecer espontaneamente devido às características inerentes do material ou podem ocorrer como resultado de agentes externos, tais como a deposição de poluentes, ou a migração de água ou de outros agentes através do material.</p> <p>Os agentes biológicos na madeira estão frequentemente ativos em áreas que não são facilmente inspecionáveis.</p>
--	--

4.1.2 - Diagnóstico e avaliação da segurança

O diagnóstico e a avaliação da segurança da estrutura são duas fases consecutivas e relacionadas, na base das quais é determinada a necessidade efetiva e a extensão das medidas de intervenção. Se estas fases forem executadas incorretamente, as decisões resultantes serão arbitrárias.

A avaliação da segurança da construção deve ser baseada tanto em métodos qualitativos (documentação, observação etc.), como em métodos quantitativos (experimentais, matemáticos etc.) que tenham em conta o efeito dos fenômenos envolvidos sobre o comportamento estrutural.

Segundo ICOMOS (2004), qualquer avaliação da segurança é seriamente afetada por dois tipos de problemas:

- a incerteza associada aos dados (ações, resistências, deformações etc.), leis, modelos, hipóteses etc., utilizados na investigação;
- a dificuldade de representar os fenômenos reais de um modo preciso.

Quando é feita uma avaliação da segurança, é também necessário incluir alguma indicação, mesmo que só qualitativa, da confiabilidade das hipóteses admitidas, dos resultados e do grau de precaução implícito nas medidas propostas.

Os regulamentos modernos e a prática profissional moderna adotam uma abordagem conservadora que envolve a utilização de fatores de segurança para ter em conta as várias incertezas. Esta abordagem não é apropriada em estruturas históricas, em que as exigências para aumentar a resistência podem conduzir à perda de elementos estruturais ou a alterações na concepção original da estrutura. É preciso adotar uma abordagem mais flexível e mais abrangente para as estruturas antigas, para mais claramente relacionar as medidas de intervenção com o comportamento estrutural real e para preservar o princípio da intervenção mínima.

Estes procedimentos têm presente que a abordagem qualitativa desempenha um papel tão importante quanto a abordagem quantitativa.

Salienta-se ainda que os fatores de segurança estabelecidos para estruturas novas têm em conta as incertezas da construção. Em construções existentes, estas incertezas podem ser reduzidas porque o comportamento real da estrutura pode ser observado e monitorado. Se for possível obter informação mais fidedigna, a redução dos fatores de segurança (teóricos) não corresponde necessariamente a uma redução da segurança real.

O diagnóstico pretende identificar as causas dos danos e degradações, com base nos dados adquiridos, de acordo com três aspectos:

- i. Análise histórica;
- ii. Análise qualitativa;
- iii. Análise quantitativa, que inclui tanto a modelação matemática como os ensaios.

O diagnóstico é normalmente uma fase difícil, uma vez que os dados disponíveis se referem aos efeitos, enquanto que é a causa ou, como ocorre mais frequentemente, as várias causas concomitantes que têm de ser determinadas. Por isto, a intuição e a experiência são componentes essenciais no processo de diagnóstico. Um diagnóstico correto é indispensável para uma avaliação apropriada da segurança e para um juízo racional sobre as medidas de tratamento a adotar (ICOMOS, 2004). Para auxiliar o entendimento dessa questão, descrevemos a seguir sobre os aspectos anteriormente referidos:

- i. Através da análise histórica, o conhecimento do que aconteceu no passado pode ajudar a prever o comportamento futuro e constitui uma indicação útil para avaliar o nível de segurança proporcionado pelo estado atual da estrutura. A história é o

laboratório experimental mais completo, à escala real. Ela demonstra como o tipo de estrutura, os materiais de construção, as ligações, as juntas, as adições e as alterações interagiram com diferentes ações, tais como acréscimos de carga, sismos, deslizamentos de terras, variações de temperatura, poluição atmosférica etc., possivelmente alterando o comportamento original da estrutura, causando fendas, fissuras, esmagamentos, movimentos para fora do plano, degradações, colapsos etc. A tarefa consiste em remover a informação supérflua e interpretar corretamente os dados relevantes para a descrição do comportamento estático e dinâmico da estrutura.

- ii. A abordagem qualitativa é baseada em uma comparação entre o estado atual da estrutura e o estado de estruturas semelhantes cujo comportamento seja já compreendido. A experiência obtida através da análise e da comparação entre o comportamento de estruturas diferentes pode melhorar a possibilidade de extrapolações e pode oferecer uma base para avaliar a segurança. Esta abordagem não é completamente confiável porque depende mais de uma avaliação pessoal do que de procedimentos estritamente científicos. Todavia, pode ser a abordagem mais racional, nos casos em que existam incertezas inerentes aos problemas envolvidos. A partir da observação do comportamento de diferentes tipos estruturais, em vários estados de dano e degradação causados por ações diferentes (sismos, assentamentos do terreno etc.), e tendo sido adquirida experiência sobre a sua robustez e durabilidade, é possível extrapolar este conhecimento para prever o comportamento da estrutura em análise. Um programa apropriado de investigação e a monitorização dos fenômenos não estabilizados pode aumentar a confiabilidade desta avaliação.
- iii. A abordagem analítica utiliza os métodos da análise estrutural moderna, os quais, com base em determinadas hipóteses (teoria da elasticidade, teoria da plasticidade, modelos porticados etc.), apresentam conclusões baseadas em cálculos matemáticos. Porém, as incertezas que podem afetar a representação das características dos materiais, e a representação imperfeita do comportamento estrutural, juntamente com as simplificações adotadas, podem conduzir a

resultados que não são sempre confiáveis, e que podem inclusive ser muito diferentes da situação real. A essência do problema é então a identificação de modelos significativos que descrevam adequadamente a estrutura e os fenômenos associados com toda a sua complexidade, tornando possível a aplicação das teorias disponíveis. Os modelos matemáticos são as ferramentas mais comuns de análise estrutural. Os modelos que descrevem a estrutura original, se adequadamente calibrados, permitem a comparação dos danos teóricos produzidos pelos diferentes tipos de ações com os danos efetivamente observados, fornecendo uma ferramenta útil para a identificação das causas de tais danos. Os modelos matemáticos da estrutura danificada e da estrutura reforçada ajudarão a avaliar os níveis de segurança atuais e a avaliar os benefícios das intervenções propostas. A análise estrutural é uma ferramenta indispensável. Mesmo quando os resultados de cálculo e a análise não são exatos, é possível obter distribuições das tensões e possíveis áreas críticas. Contudo, os modelos matemáticos isoladamente não podem, geralmente, fornecer uma avaliação confiável de segurança. Qualquer modelo matemático deve ter em conta os três aspectos: o esquema estrutural, as características dos materiais e as ações a que a estrutura está submetida.

- iv. Na abordagem experimental, ensaios específicos (tais como ensaio de carga em um pavimento, em uma viga etc.) irão fornecer uma medida direta das margens de segurança, ainda que sejam apenas aplicáveis a elementos isolados e não à construção como um todo. Quanto às ferramentas de inspeção, os ensaios mais comuns de materiais envolvem a retirada de corpos-de-prova e provas mecânicas destrutivas. Desta forma, não é possível avaliar uma estrutura já em serviço sem causar danos a ela. Assim, encontra-se a necessidade de buscar Ensaios Não Destrutivos (END) (TELES, 2002).

Enquanto que no diagnóstico o objetivo é identificar as causas de danos e degradações, na avaliação da segurança pretende-se verificar se os níveis de segurança são aceitáveis ou não, recorrendo a uma análise do estado atual da estrutura e dos materiais. A avaliação da segurança é, então, um passo essencial neste processo, pois é nesta fase que são

tomadas decisões sobre a necessidade e extensão das medidas de intervenção.

Para evitar problema da avaliação da segurança, uma abordagem quantitativa baseada em modelos matemáticos não deve ser o único procedimento a ser adotado. Tal como no caso do diagnóstico, as abordagens qualitativas baseadas na investigação histórica e na observação da estrutura devem também ser adotadas. Uma quarta abordagem, baseada em ensaios específicos, também pode ser útil em algumas situações.

Cada uma destas abordagens pode fornecer elementos para a avaliação da segurança, mas é a análise combinada da informação obtida em cada abordagem que pode conduzir ao “melhor diagnóstico”. Na formação deste juízo, tanto os aspectos quantitativos como os aspectos qualitativos devem ser tomados em consideração, pesados com base na confiabilidade dos dados e nas hipóteses admitidas.

Tudo isto deve ser apresentado no “Relatório de Avaliação” anteriormente referido.

Desta forma, deve ser claro que o engenheiro encarregado da avaliação da segurança de uma construção histórica não deve ser legalmente obrigado a basear as suas decisões apenas nos resultados de cálculos porque, tal como salientado, estes podem ser pouco confiáveis ou inadequados.

4.1.3 - Decisões e relatório de avaliação

A decisão sobre a avaliação da segurança de uma estrutura é baseada nos resultados das três (ou quatro) abordagens principais anteriormente descritas (a quarta abordagem tem aplicação limitada).

Quando a análise revela níveis de segurança inadequados, deve ser verificado se esta utilizou dados pouco precisos ou valores excessivamente conservadores. Isto pode conduzir à conclusão que é necessária mais investigação antes que possa ser feito o diagnóstico.

Uma vez que os juízos qualitativos podem representar um papel tão importante quanto os dados quantitativos, a avaliação da segurança e consequentes decisões sobre a intervenção devem ser registradas no “Relatório de Avaliação” (já referido), onde são claramente explicadas todas as considerações que conduziram à avaliação final e todas as decisões tomadas. O veredito deve ter em conta, tanto o grau de precisão, quanto o grau de precaução subjacente a cada decisão, e deve ser baseado em um raciocínio logicamente consistente.

O fator tempo deve ser considerado no “Relatório de Avaliação” porque uma decisão para empreender medidas imediatas, ou uma decisão para aceitar o estado atual, são simplesmente dois extremos de uma escala de escolhas. As alternativas passam frequentemente pelo reforço da estrutura com base no conhecimento presente ou pela continuação da investigação para obter dados mais completos e confiáveis na esperança de reduzir qualquer intervenção. Porém, deve ser fixado um prazo limite para implementar as decisões, tendo em conta que a segurança é de natureza probabilística, com probabilidade crescente de ocorrência de danos ou do colapso em função do adiamento das ações de reparação.

Os fatores subjacentes ao estabelecimento de um prazo limite dependerão essencialmente de três tipos de fenômenos:

- Processos não estabilizados (por exemplo, processos de degradação, assentamentos lentos do terreno etc.) que acabarão por reduzir os níveis de segurança abaixo de limites aceitáveis, obrigando a medidas corretivas antes de tal ocorrer;
- Fenômenos de natureza cíclica (variação de temperatura, teor de umidade etc.) que produzirão degradações crescentes;
- Fenômenos que podem ocorrer repentinamente (como sismos, furacões etc.). A probabilidade de estes fenômenos ocorrerem para um dado nível aumenta com a passagem do tempo, de forma que o nível de segurança a proporcionar pode ser teoricamente relacionado com a esperança de vida da estrutura (por exemplo, é bem conhecido que para proteger uma construção contra sismos por cinco séculos é necessário considerar maiores ações do que aquelas que deverão ser consideradas para proteger a mesma construção durante um século) (ICOMOS, 2004).

4.2 - A MADEIRA COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Weimer (1983) afirma que, a partir de 1700, a produção de madeira na Europa já não conseguia mais atender à demanda. Assim, houve a necessidade de substituir as construções de madeira pelas de pedra. Isto aconteceu de forma gradual, fazendo surgir concepções mistas, em que o andar inferior era de pedra e nos superiores, a técnica

de vedação era em tijolo (enxaimel), até que, no século XIX, a madeira se restringiu quase que exclusivamente ao telhado.

No Brasil, apesar de sua abundância em recursos florestais, os colonizadores portugueses somente utilizaram a madeira como material para a construção de abrigos provisórios (cabanas), sendo que logo depois suas vedações foram substituídas por pau-a-pique, relegando-a, mais tarde, somente a execuções de estruturas de coberturas (TEREZO, 2004).

As estruturas de cobertura, que frequentemente empregam madeira, são responsáveis pela boa conservação das edificações, protegendo-as da umidade. Especialmente em edificações históricas, esta proteção é fundamental, pois se estende aos objetos contidos, afrescos, estuques e outras características relevantes (TELES, 2002).

Em restauros emergenciais, aonde o orçamento não permite um trabalho completo, o conjunto estrutura e cobertura deve ser priorizado com o intuito de resguardar o edifício para uma futura intervenção mais completa (TELES, 2002).

4.2.1 - Biodeterioração da madeira

O conhecimento das patologias estruturais de um edifício antigo permite perceber o seu comportamento estrutural e identificar o dano associado a este. Daí ser importante saber identificar estas patologias, perceber as suas causas e influência no comportamento da estrutura, para que a decisão da intervenção a aplicar seja a mais correta, através da avaliação da segurança da estrutura (SILVA, 2008).

O conhecimento das propriedades mecânicas dos novos materiais introduzidos, entre elas, resistência à tração e compressão; resistência à flexão transversal; resistência ao impacto; resistência à fadiga, à fluência; dureza; plasticidade/ductilidade e tenacidade (MAGALHÃES, 2005), módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson (MOHAMAD et all, 2006), bem como dos materiais antigos, é muito importante para a resistência a esforços solicitantes. Isto, porque o mecanismo de funcionamento dos materiais empregados, tanto nas estruturas quanto nas paredes, é muito diferente.

Isto nos permite afirmar que uma intervenção feita de forma incorreta influi diretamente no comportamento de uma edificação, de forma prejudicial.

Segundo LUSO (2002), as patologias mais comuns são:

- Casos de ruína;

- Deformação das paredes;
- Existência de manchas em paredes ao nível do solo;
- Destacamentos de rebocos e pinturas;
- Existência de fissuração;
- Existência de bolores, fungos e vegetação;
- Deterioração das coberturas;
- Deterioração das madeiras.

Existem ações que podem ser tomadas para conservar estruturas de madeira em edificações históricas. Em sua maior parte, estas medidas lidam com o controle de umidade, uso de barreiras contra os agentes de biodeterioração, tratamentos químicos e inspeções periódicas (TELES, 2002).

As estruturas de madeira podem suportar os ataques de xilófagos durante anos, ainda cumprindo sua função. Uma vez controlados os xilófagos, uma estrutura poderá continuar desempenhando sua função, mesmo tendo sido parcialmente degradada, desde que se possam obter dados confiáveis nos cálculos estruturais para uso na revitalização.

Para Teles (2002), a melhor forma de prevenir a biodeterioração da madeira é:

- Conhecer a edificação histórica;
- Efetuar pequenas modificações, quando necessário, para uma melhor conservação, tais como tratamento superficial (pintura), tratamento químico, criar aberturas de ventilação etc.
- Fazer inspeções rotineiramente.

No caso das obras em madeira, a inspeção envolverá conhecimentos tanto de biologia quanto de engenharia.

Grande percentagem de edifícios históricos apresenta coberturas em mau estado, constituindo desse modo uma das patologias mais visíveis e talvez a mais preocupante. As coberturas apresentam deformações elevadas, telhas partidas e por vezes encontram-se próximas da ruína (ver Figura 10). Esta situação resulta em infiltrações de água proveniente da precipitação, afetando a própria cobertura, as paredes exteriores e caixilharias, e ainda, no interior da habitação, as paredes interiores, pavimentos e escadas. Além disso, as deformações excessivas dos elementos da cobertura provocam a diminuição da sua

estanqueidade, agravando ainda mais a deterioração das peças de madeira.

Normalmente não existem dispositivos de captação de águas pluviais e, quando existem estão entupidos ou o tubo de queda correspondente não termina na cota do passeio. Desta forma a água da chuva não é drenada da melhor forma, alcançando as paredes de fachada do edifício e levando por vezes a situações de infiltração para o interior. Daí as patologias consequentes: deterioração dos materiais, destacamento dos rebocos, aparecimento de bolores e manchas de umidade, etc. (LUSO, 2002).



Figura 10: Coberturas mal conservadas

A madeira tem a particularidade de sofrer alterações significativas de volume em presença de umidade e assim aparecerem diversas patologias associadas a esta característica. A ação direta da água da chuva e os ciclos repetidos de umedecimento e secagem, acrescido da exposição às radiações ultravioleta, provocam na caixilharia de madeira, ao fim de alguns anos, alterações cromáticas, apodrecimento e destacamento da camada de tinta que lhe é aplicada em alguns casos, que alteram substancialmente a sua aparência.

As janelas e portas são os elementos que mais são afetados por umidade de precipitação. A água penetra para o interior através das juntas ou mais facilmente através de vidros quebrados. A má concepção das janelas e portas facilita também a entrada de água, que incide nestes elementos. É o caso de juntas mal vedadas e drenos nos peitoris mal executados que não facilitam a saída para o exterior de água da chuva ou da umidade de condensação que se forma no interior.

A degradação das caixilharias de madeira provocada pelos agentes atmosféricos origina frequentemente inchamentos e empenos, resultando deficiências no bom funcionamento destes elementos.

O apodrecimento da madeira é comum em construções antigas na zona das junções das vigas nas paredes de alvenaria e nas fundações em contato com o solo, por estas apresentarem também problemas de umidade. Nas coberturas este apodrecimento, que danifica as ligações entre elementos e os apoios, resulta na diminuição da capacidade de suporte da estrutura de madeira, podendo, por isso, transmitir forças horizontais às paredes de alvenaria (RODRIGUES, 2004).

A degradação provocada por um incêndio é o caso mais grave de destruição das madeiras. Normalmente nestes casos a solução passará pela substituição dessas peças por novas, pois o fogo é um dos agentes com poder destrutivo mais rápido.

Muitas vezes a degradação das madeiras é o resultado da fadiga, provocada por ações de origem dinâmica, pelo aumento de tensões instaladas e por redistribuição de esforços devido à cedência de outros elementos.

Outra anomalia existente em madeiras sem proteção adequada é o ataque por fungos ou insetos. A madeira contém substâncias como a celulose, o amido e o açúcar, que servem de alimento a certas plantas e animais. Por isso está sujeita a ser decomposta por seres vivos que nela encontram condições favoráveis ao seu desenvolvimento e multiplicação. Na madeira, os agentes biológicos responsáveis pela deterioração podem ser tanto microrganismos (sobretudo fungos), como organismos mais complexos que provocam alterações mais extensas e graves, como os insetos xilófagos (caruncho (brocas), cupins (térmitas), vespas parasitas e outros). Os ataques por estes agentes biológicos são variáveis conforme o tipo de madeira e as suas características (TELES, 2002).

A figura 11 mostra alguns exemplos de degradação da madeira, principalmente por má conservação.





Figura 11: Exemplos de degradação da madeira pela exposição às intempéries e má conservação

As causas mais comuns de deterioração da madeira são mostradas na tabela 4:

Tabela 4: Causas de deterioração da madeira.

Fonte: Teles (2002)

DANO	CAUSA	CONSEQUÊNCIA
Deformações de secagem e intemperismo (“weathering”)	Umidade. Alternações entre incidência solar (secagem e radiação ultravioleta) e exposição à água na superfície.	“Inchamento”, especialmente nos planos tangenciais e radiais do tronco. Mudanças de dimensão podem causar distorções e/ou rachaduras em peças de madeira. Rachaduras que prejudicam o tratamento de proteção superficial utilizada, criando vias para a postura de ovos por insetos, para perfuração de insetos ou para o desenvolvimento de fungos quando houver umidade
Agentes químicos	Presença de reagentes ácidos e alcalinos	Os conectores metálicos empregados na estrutura podem sofrer corrosão
Fungos	Condições necessárias para o desenvolvimento de fungos: - fonte de infestação – esporos de fungos são encontrados em qualquer lugar;	Ataque da madeira com controle difícil de ser feito

	-fonte de alimento (madeira não tóxica); -umidade na madeira superior a 20%; -fonte de oxigênio; -temperatura adequada, de 25 a 32°C normalmente.	
Cupins (térmitas)	Infestação da madeira por cupins que vivem em colônias	Fonte mais comum de biodeterioração em madeira juntamente com fungos.
Besouros e Brocas (Coleópteros)	O inseto põe seus ovos nos cortes perpendiculares às fibras das madeiras, em pequenos furos ou rachaduras. Os ovos se transformam em larvas que se alimentam da madeira.	As larvas se alimentam da madeira durante sua vida, que pode durar de alguns meses a alguns anos, deteriorando-a internamente.
Fogo	Incêndios acidentais ou criminosos	Queima parcial ou total das peças de madeira, com consequente perda da resistência.

4.2.2 - Ensaios de avaliação

A avaliação do estado de conservação dos elementos de madeira é essencial para estabelecer suas obras de manutenção e conservação. O estado de conservação dos elementos de madeira tem de ser avaliado em conjunto com as condições microclimáticas e a compatibilidade dos materiais vizinhos em contato com eles (KANDEMIR-YUCCEL, TAVUKÇUOGLU e CANER-SALTIK, 2006).

A avaliação do estado da carpintaria (estruturas de madeira) requer, por vezes, o uso de técnicas não destrutivas, evitando a extração de uma porção significativa do material. Medidas ultra-sônicas são exemplo de técnica que pode ser empregada para análise de parâmetros mecânicos em peças estruturais de madeira (TELES, 2002), assim como a termografia infravermelha (IRT) (KANDEMIR-YUCCEL, TAVUKÇUOGLU e CANER-SALTIK, 2006).

Juntamente com qualquer técnica de ensaio não destrutivo (END) feito na madeira, encoraja-se o uso das técnicas tradicionais de inspeção visual, com percussão de martelo e escarificação com quebra-gelo e com estilete (TELES, 2002). O uso conjunto de técnicas de inspeção aumentará a segurança do diagnóstico.

A tabela 5 mostra algumas técnicas de inspeção que foram descritas por Teles (2002).

Tabela 5: Ensaio para inspeção da madeira

Fonte: Teles (2002)

ENSAIO	FINALIDADE	LIMITAÇÕES	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Raios-X	Caracterizar o tipo de madeira	Necessita acessar o elemento ensaiado pelos dois lados; portabilidade do equipamento; e nocividade à saúde.	<ul style="list-style-type: none"> - Permite um diagnóstico quantitativo, podendo ter seus dados relacionados com a densidade da madeira. - Permite a geração de um mapa de densidade das seções atravessadas pelos raios-x. 	Limitação de uso em campo, mas já existem equipamentos portáteis.
Furação controlada	Determinar a resistência superficial e interna	<ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de ter um espaço de cerca de 85cm perpendicular à peça analisada para posicionar o equipamento; - Possibilidade de desvio da sonda perforatriz quando perfurando em ângulo diferente de 90° com a superfície 	<ul style="list-style-type: none"> - Pode gerar resultados quantitativos. - O gráfico da perfuração pode ser analisado em campo, através de uma pequena impressora ou computador de mão, e pode ser gravado para análise posterior. 	<ul style="list-style-type: none"> - Resultado não é automaticamente expansível para todo o elemento estrutural. - É importante usar as duas mãos na operação; - Fadiga causada por inspeções constantes em posição acima da cabeça.
Ultrassom	Determinar as condições internas	Necessita transdutores adequados para o tipo de inspeção.	Os ensaios mostram-se efetivos e práticos.	Dificuldade na quantificação do dano
Emissão acústica por insetos	Determinar o grau de infestação	Método ainda em desenvolvimento	Não especificadas	Necessita um contato direto com a madeira a ser examinada.

Termografia Infravermelha	Analisar os parâmetros mecânicos, umidade e detectar danos	Necessita o uso de um aquecedor para auxiliar a detecção de defeitos internos	Útil para localizar ninhos de cupins de madeira seca, permitindo um tratamento químico localizado.	A diferença de temperatura causada pela deterioração na madeira é pequena. - Mais pesquisas serão necessárias para que se chegue a alguma conclusão sobre a eficiência do método. - Quantidade de falsos-positivo alta.
Buscas com cães	Detectar infestação por insetos	Necessidade de cães especialmente treinados.	Os cães, da raça <i>beagle</i> , apresentam maior aptidão. - Ensaio relativamente simples e fácil de ser compreendido. - Há correlação entre os resultados deste ensaio e os resultados de ensaios de flexão.	A avaliação da propriedade mecânica da madeira são a partir do número de impactos ainda pode trazer variações significativas. - Os resultados poderão sofrer desvios caso o local tenha sido umedecido recentemente e dependendo do tipo de acabamento ou preservativo utilizado na madeira.
Penetração ao impacto	Determinar a resistência superficial	Deve-se ter cautela dado a natureza empírica dos resultados e o caráter local e superficial dos dados obtidos.	- Estão disponíveis comercialmente; - São de grande valia na inspeção de estruturas; - Se obtém resultados quantitativos bastante confiáveis.	
Método de medição de umidade	Determinar o teor de umidade	Podem variar com o percentual de umidade e com a densidade da madeira.		

Teles (2002), após a biodeterioração da madeira, mediu a tensão de ruptura e o módulo de elasticidade por meio de ensaios de compressão paralela, buscando uma correlação entre as medidas de ultra-som e as propriedades do material. Constatou que a perda de massa causada pelos cupins após 40 dias de ação (3% para o *Eucalyptus sp.* e 8% para o *Pinus sp.*) não alterou significativamente as propriedades mecânicas dos corpos-de-prova, não permitindo a identificação de correlações entre estes parâmetros e a velocidade de ultra-som. Com isso, ele concluiu que o uso de ensaios não destrutivos com velocidade de ultrassom para determinação das propriedades mecânicas de madeiras deterioradas por cupins, nas condições ensaiadas, não pode ter conclusões definitivas devido a várias limitações. Porém, há grande potencial neste método. Para ele, os ensaios com ultra-som são um dos mais desenvolvidos dentre os ensaios não-destrutivos (END) aplicáveis para madeira. Este é um dos ensaios com melhor documentação e com um grande potencial de desenvolvimento (TELES, 2002).

Segundo Terezo (2004), o destaque é o emprego de equipamentos de emissão de ondas ultrassônicas em elementos de madeira. A determinação de propriedades mecânicas de materiais (não só para a madeira) utilizando a propagação de ondas de ultrassom baseia-se na hipótese fundamental de que as propriedades de armazenamento e dissipação de energia, durante a propagação das ondas no material, são controladas pelos mesmos mecanismos que determinam o comportamento estático desse material. Ele realizou uma pesquisa com o objetivo de propor, aplicar e avaliar uma metodologia para a estimativa de propriedades mecânicas em espécies de madeiras empregadas nas estruturas de edificações históricas e contemporâneas por meio de ultra-som. Mais detalhes sobre este trabalho podem ser encontrados em sua publicação.

Oliveira e Sales (2000) informam que a aplicação de ensaios não destrutivos pode, em alguns casos, isentar a obrigatoriedade de extração de corpos-de-prova, sendo possível também atingir uma maior rapidez na avaliação de uma grande quantidade de peças em madeira, posto que estes equipamentos, em sua maioria, são versáteis e portáteis.

4.2.3 - Metodologias de inspeção e providências

Teles (2002) propôs uma metodologia de inspeção de edifícios onde são levantadas as informações necessárias. Estas estão descritas na tabela 6. Além destas informações, ele adotou algumas fichas que podem ser consultadas mais detalhadamente em sua publicação.

Tabela 6: Informações necessárias de uma edificação propostas por Teles (2002)

O QUE INSPECIONAR	O QUE LEVANTAR
<p>Informações para pesquisa preliminar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • a idade da edificação • histórico de construção • sistemas estruturais e o tipo de fundação • histórico de ocupações e usos • levantamento dimensional (plantas) • soluções construtivas empregadas • questionar o histórico de xilófagos e revoadas de cupins na edificação e seus vizinhos • questionar a existência de paredes duplas, que podem dissimular a umidade e o caminho de cupins de solo • histórico de manutenções, reformas e reparos • verificar se houver chamadas de incêndio para a edificação
<p>Informações da inspeção externa a serem relatadas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Examinar fachadas <ul style="list-style-type: none"> ✓ estado do acabamento ✓ materiais e técnicas ✓ manchas de umidade ou bexigas na pintura, fendas • Localizar peças de madeira expostas às intempéries <ul style="list-style-type: none"> ✓ verificar o estado das janelas • Localizar chaminés, rufos, calhas e sistemas de água <ul style="list-style-type: none"> ✓ Relatar seu estado • Localizar os pisos e sua posição em relação ao solo e se há faixa impermeabilizante • Verificar presença de vegetação ou outro sinal de acúmulo de umidade e sujidade • Notar tipo de cobertura e seu estado <ul style="list-style-type: none"> ✓ deformação anormal do telhado ✓ tipo de telha ✓ telhas deslocadas ou fraturadas ✓ beiral deficiente • Verificar a existência de cobertura plana • Localizar porões ou recintos fechados e suas janelas de ventilação, quando houver • Verificar existência de madeira próxima ou em contato com o solo • Inspeccionar o jardim à busca de cupins de solo ou madeira abandonada • Verificar jardins adjacentes, propícios aos cupins de solo • Questionar a presença de pontos de água próximos (poços, lagos, riachos etc.)

<p>Informações mínimas da inspeção de cômodos a serem relatadas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Existem fontes de umidade (solo exposto, caldeira, chuveiro, torneira, fogão, lavadoras)? <ul style="list-style-type: none"> ✓ verificar madeiras próximas ✓ verificar se há ventilação adequada para o exterior • Existem manchas causadas por umidade ou calhas, rufos e outros pontos prováveis? <ul style="list-style-type: none"> ✓ verificar madeiras próximas • Verificar se há inclinação ou deformação no assoalho ou rachaduras nas paredes. • Há ventilação adequada no cômodo? • Existem caixas de passagem de dutos? <ul style="list-style-type: none"> ✓ verificar se há passagem de cupins de solo • Há depósito de produtos químicos ou produtos de limpeza concentrados? <ul style="list-style-type: none"> ✓ verificar se há oxidação em conectores • Existe madeira engastada na alvenaria (vigotes, lintel etc.) ou em contato com o solo? <ul style="list-style-type: none"> ✓ verificar sua umidade e estado quanto a fungos e insetos ✓ verificar se há umidade ascendente na alvenaria • Examinar a parte posterior de guarnições de portas, janelas, rodapés e mobiliário fixo por ataque de fungos ou cupins. • Existem fontes de calor (caldeiras, fornos, <i>boilers</i>, lâmpadas) próximas à madeira? <ul style="list-style-type: none"> ✓ verificar carbonização na madeira • Conferir todos os locais onde o alburno da madeira possa ter sido empregado • Verificar todas as juntas, fissuras e as superfícies toscas, pois são os locais mais favoráveis para a postura de ovos dos insetos. Se possível, passar uma folha de papel nas juntas, para verificar a existência de dejetos. • Examinar todo local onde a madeira possa sofrer abrasão. • Procurar sinais de espaço não ventilado, como entrepisos, caixões perdidos, vigas fechadas ou entre o solo e o soalho. <ul style="list-style-type: none"> ✓ verificar se há ventilação adequada (a existência de janelas de ventilação ou telas não garante que estejam desobstruídas). • Procurar fissuras entre a madeira e a alvenaria em construções de enxaimel. • Verificar o desempenho de qualquer borracha ou plástico selante, pois podem falhar e permitir a entrada de água • Verificar junções a meia-esquadria no exterior, pois estas estão sujeitas a abrir e fechar com variações de umidade.
---	--

	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar cuidadosamente peças expostas às intempéries ou umidade, especialmente as superfícies horizontais, as frestas horizontais, aberturas nas juntas e conectores em superfícies horizontais (podem servir de entrada para água, causando podridão interna) • Verificar a presença e instalação de isolamentos • Relatar todos os locais onde não foi possível inspecionar
<p>Inspeção geral de estruturas de madeira</p>	<p>Buscar indícios e relatar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar “esquadro, prumo e linha” de pisos e elementos estruturais • Rachaduras em paredes • Evidências de recalque da fundação ou dos apoios da estrutura • Esmagamento de partes da estrutura • Oxidação de conectores • Manchas de umidade e mudanças de cor na madeira • Desalinhamento de membros da estrutura • Evidências de trocas de membros • Deflexão excessiva de membros ou de tesouras • Carbonização da madeira • Acúmulo de sujeira • Acabamento danificado • Todos os pontos de apoio na alvenaria devem ser avaliados <p>Indícios de sobrecarga na estrutura:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos instalados depois da estrutura, como aquecedores, polias, forros usados como depósito, ar condicionado, reservatórios de água etc. • Marcas de correntes ou outras que possam indicar uso de içamento ou de equipamento temporariamente instalado • Equipamentos que induzam vibrações constantes na estrutura • Pontos de suporte instalados fora dos nós das treliças • Locais onde possa ocorrer o acúmulo de água ou neve, como calhas ou coberturas com pouca inclinação, causando sobrecarga
<p>Observação individual de um membro da estrutura</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cada membro deverá ter sua capacidade avaliada: <ul style="list-style-type: none"> ✓ anotar dimensões ✓ detalhar seções transversais integrais e remanescentes (reduzidas por degradação ou por confecção de encaixe da estrutura) ✓ qualidade da madeira (carimbos de qualidade ou determinação da espécie de madeira)

	<ul style="list-style-type: none"> • Existem fissuras de secagem? <ul style="list-style-type: none"> ✓ dimensões (incluindo profundidade) ✓ anotar orientação • Existem furos e cortes que possam ter sido realizados após um tratamento preservativo superficial? • Caso seja madeira laminada-colada, as linhas de cola estão em bom estado? • Há ponto de engaste do membro com a alvenaria ou eminência de molhamento (calhas, goteiras etc.)? <ul style="list-style-type: none"> ✓ anotar sinais de biodeterioração (fungos e insetos) • Caso esteja a peça exposta às intempéries, verificar cuidadosamente e relatar o estado da superfície horizontal superior, frestas horizontais, juntas e conectores em superfícies horizontais, que poderão servir de entrada para água favorecendo o apodrecimento interno • No que tange as junções, deve-se relatar se houver folgas nos conectores ou nas junções, que pode corresponder a secagem das peças ou a falhas na construção, projeto ou degradação • Os conectores devem ser inspecionados em busca de corrosão, especialmente quando expostos à umidade excessiva, produtos químicos, quando do uso de certas madeiras, quando tiver aplicação de retardantes de chama ou preservativos solúveis em água
--	---

Em seu trabalho de pesquisa, Teles (2002) concluiu que a metodologia de inspeção de carpintarias de edificações é uma forma de garantir que os dados necessários sejam levantados, permitindo a aplicação das teorias de estruturas, como uma forma de evitar inspeções recorrentes, para rever este ou aquele detalhe esquecido na primeira inspeção e também necessário para a verificação da segurança. Indo além dos requisitos de engenharia, a metodologia de inspeção proposta procura fornecer dados para o registro arquitetônico e histórico da obra, bem como para as medidas de controle biológico, planejamento de conservação e modificações que evitem deteriorações. É uma metodologia considerada satisfatória como diretriz de um trabalho de inspeção de carpintarias e para o treinamento de pessoas envolvidas nesta atividade. Porém, ele sugere que sejam feitos mais trabalhos para testar na prática a eficácia da sua metodologia, bem como integrá-la a outras.

Para a investigação da integridade de elementos de estruturas em madeira existem várias técnicas que estão sendo utilizadas com sucesso.

Dentre todos os métodos existentes (visual, destrutivo, simulação e outros), os testes não destrutivos estão em franco crescimento e uma grande quantidade de organizações tem conduzido pesquisas para o seu desenvolvimento. Sua vantagem consiste em analisar “in loco”, por meio de um mapeamento das áreas deterioradas, uma estrutura de madeira em uso sem a necessidade de sua remoção (TEREZO, 2004).

No caso de estruturas que apresentem patologias associadas ao comportamento estrutural, parcial ou global, é recorrente utilizarem-se técnicas de reforço, tais como refechamento das juntas com colocação de armaduras em problemas relacionados com fenômenos de fluência, soluções de cintagem dos elementos (pilares ou paredes de alvenaria) para uma redução das deformações da estrutura e uma melhoria no seu comportamento frágil, e no caso de paredes de múltiplos panos, podem ser utilizadas soluções de pregagens transversais para melhorar a ligação entre os panos.

4.3 - CONSTRUÇÃO EM ALVENARIA DE PEDRA E DE TERRA

O termo alvenaria aqui utilizado refere-se à construção em pedra, tijolo e terra (i.e. adobe etc.). As estruturas de alvenaria são feitas geralmente de materiais que têm uma resistência à tração muito baixa e podem facilmente exibir fendilhação interna ou separação entre elementos. Contudo, estes sinais não são necessariamente uma indicação de perigo, porque as estruturas de alvenaria funcionam principalmente à compressão (ICOMOS,2004).

Segundo Weimer (1983), desde o período medieval, as arquiteturas palacianas, militares e religiosas latinas, sempre tiveram como tradição a utilização de alvenaria de pedras e de tijolos.

Souza (1981) assegura que os materiais mais usados nas edificações históricas da Ilha de Santa Catarina foram pedra, tijolo e saibro. Vasconcelos (1949) encontrou em Ouro Preto edificações com grande semelhança construtiva às de Santa Catarina.

Alvenarias são paredes, muros ou alicerces (sapatas corridas), com elementos justapostos e sobrepostos, com ou sem uso de argamassa, feitos com:

- pedras naturais;
- blocos e tijolos cerâmicos;
- blocos de concreto;
- blocos sílico-calcários;

- blocos de concreto celular;
- tijolos de vidro
- tijolos de solo-cimento etc.

Uma das vantagens do processo construtivo com tijolos ou pedras é ser de fácil e rápida aprendizagem, consistindo na sobreposição de elementos (unidades) com ou sem a presença de argamassa nas juntas, não requerendo mão-de-obra especializada, ao contrário do que ocorre, por exemplo, com as estruturas metálicas ou mistas em que a construção é realizada com uma margem de erro muito mais reduzida, requerendo esta, mão-de-obra bem mais especializada (SILVA, 2008).

A alvenaria de pedra não reforçada é o material estrutural mais frequentemente usado na construção de edifícios antigos em Portugal (VASCONCELOS e LOURENÇO, 2004). Como as edificações antigas de Ouro Preto são baseadas nas de Portugal, as alvenarias de pedra seguem o mesmo padrão.

Já a terra como material de construção é conhecida há aproximadamente dez mil anos (DETHIER, 1993).

O uso milenar da terra como material de construção vem ganhando espaço nas comunidades e grupos de pesquisa preocupados com a má utilização e o esgotamento dos recursos naturais (MATTARAIA e ACHCAR, 1997).

A construção em terra crua, uma das técnicas utilizadas em alguns dos imóveis do centro histórico de Ouro Preto, é uma das técnicas de construção mais antigas no mundo, adaptada, e com resultados comprovados a muitas e variadas áreas do mundo. Pode-se citar, por exemplo, a Muralha da China, que é construída com terra revestida com pedra e muitos outros monumentos em diversos países (ICOMOS, 1993), além de muitas edificações de Ouro Preto e Mariana que também são constituídas de terra e foram erigidas há mais de 100 (cem) anos.

Terra crua é a designação genérica que se dá aos materiais de construção produzidos com solo, porém, sem passar pelo processo de cozimento (queima). Por extensão, é empregada a denominação de arquitetura de terra a toda produção arquitetônica cujo principal material empregado seja a terra crua (OLIVEIRA, 2005).

Segundo o CRATerre - Center for the Research and Application of Earth Architecture, a diversidade das técnicas de construção em terra crua pode ser agrupada em doze principais itens, como mostra a figura 12.

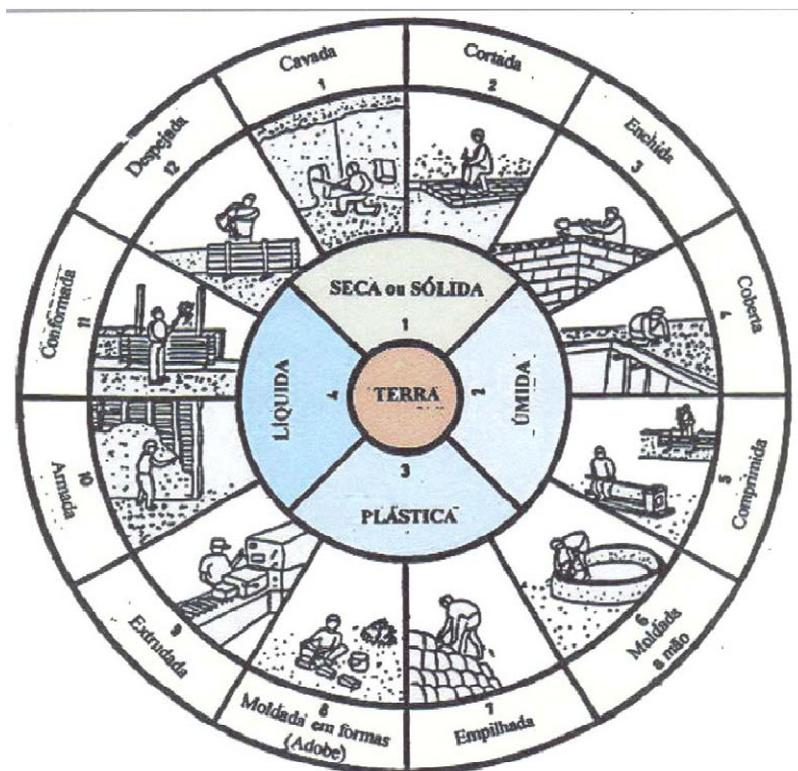


Figura 12: Doze tipos de construção com terra crua

Fonte: CRAterre em Oliveira (2005)

Como exemplos a serem destacados em ouro Preto, estão paredes de adobe e de pau-a-pique (RODRIGUES, 2004).

Segundo Oliveira (2005), dentre as características principais do adobe, quando produzido em baixa escala, podemos destacar:

- a) baixo consumo energético – pouco ou nenhuma energia para transporte (material local), pouquíssima energia para a transformação e nenhuma energia para a reciclagem;
- b) recurso reaproveitável, reutilizável, abundante e local – a argila, por exemplo, enquanto o produto da degradação última das rochas, onde a terra é transportada pelos cursos d'água das montanhas para os vales, e a natureza do material se mantém intacta após a utilização;

- c) longevidade - por sua natureza, o material não entra em ciclo de degeneração;
- d) ausência de toxidade;
- e) regulador térmico;
- f) regulador higroscópico;
- g) permeabilidade ao vapor d'água das paredes externas – climatização no verão, perspiração das paredes e boa difusão do vapor d'água;
- h) isolamento e correção acústica;
- i) absorção de odores e dissolução de gorduras – propriedade absorvente das argilas (que é um produto de desengorduramento);
- j) ausência de eletricidade estática – evita a aderência de poeira às paredes;
- k) oferece uma grande riqueza policromática do cinza escuro ao amarelo brilhante, passando por diversas nuances de rosa e de vermelho.

O adobe é um tijolo cru, que não passa por processos mecânicos ou industriais de manufaturamento, e que apresenta diversas vantagens do ponto de vista da sustentabilidade e do conforto ambiental, tais como: ser um material reutilizável; produzido com insumos locais; e necessitar de uma mão-de-obra pouco especializada, podendo também ser local (OLIVEIRA, 2005). Ele é uma importante opção em edificações de baixo custo, por, além do que já foi dito anteriormente, possuir excelente conforto térmico, não consumir energia para sua fabricação, o consumo de água para a sua produção é sessenta vezes menor que para a do cimento. Além de tudo, não gera vapores contaminantes e não apresenta perigo na sua manipulação. No entanto, trata-se de um processo artesanal que, dependendo de sua composição, em contato com água, sofre desgaste e erosão (CORRÊA et al, 2004).

Em sua pesquisa, Corrêa et al (2004) concluiu que:

- Quanto maior espessura, menor resistência à compressão, e maior a resistência à flexão. Os ensaios de compressão e flexão seguiram os procedimentos segundo Entech & Augusto (1963).
- Os critérios adotados na produção referentes à umidade ideal e estabilização com areia média promoveram a melhor qualidade no produto final;

- Todo material de solo deve ser caracterizado quanto à granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade e composição mineralógica para que seja determinada a sua viabilidade para produção de adobes;
- O local de cura ideal para o adobe é o galpão coberto, por proporcionar perda gradual de umidade e maior uniformidade na secagem, evitando-se assim o fenômeno da contração e o aparecimento de trincas, que diminuem a resistência e o aproveitamento da produção.

O adobe configura-se como uma tecnologia da cultura e da tradição de grande parte do povo brasileiro, podendo ser resgatada e reafirmada, através da pesquisa e aplicação sistematizadas (OLIVEIRA, 2005).

Foram os portugueses que, com a colonização, introduziram as formas cartesianas e a própria terra crua (na forma de adobe, taipa-de-pilão e pau-a-pique) nas edificações brasileiras. (OLIVEIRA, 2005).

4.3.1 - Deterioração das alvenarias

As patologias da alvenaria de uma construção antiga podem resultar do comportamento estrutural (aspectos relacionados com a concepção e a execução), originando patologias com instabilidade local ou global em elementos ou na própria estrutura, ou resultar do comportamento do material (dependente das características dos materiais utilizados, das técnicas construtivas, da tipologia da secção e da própria alvenaria como um material), originando patologias mais a nível localizado (ao nível do elemento). No entanto, as patologias nas alvenarias estruturais manifestam-se geralmente como uma combinação destas vertentes, sendo por vezes difícil atribuir-lhes uma origem específica (SILVA, 2008).

Trincas nas paredes e descolamento de placas de revestimento estão diretamente ligados à interação entre os diferentes materiais empregados.

Pode-se citar como exemplo, uma parede de pau-a-pique que sofre uma intervenção no seu revestimento com o emprego de argamassa cimentícia e tem grande possibilidade de apresentar descolamentos de placas. Isso porque as características mecânicas dos materiais do substrato e do revestimento são completamente diferentes.

Deve ser prestada particular atenção a paredes espessas construídas com diferentes tipos de materiais. Nessas paredes incluem-se paredes duplas, paredes de alvenaria com enchimento irregular e paredes de tijolo de face à vista que têm um núcleo de fraca qualidade. Não só o núcleo interior pode ser menos capaz de suportar carga, mas, também, pode ele próprio produzir impulsos nos panos exteriores. Neste tipo de alvenaria, os panos exteriores podem separar-se do núcleo interno, pelo que é necessário verificar se os diferentes elementos estão funcionando em conjunto ou separadamente. Este último caso é, habitualmente, perigoso porque os panos exteriores podem tornar-se instáveis (ICOMOS,2004).

Para se evitar esses danos, os materiais novos a serem empregados nas reformas e restauros devem possuir o mesmo comportamento mecânico, ou seja, devem possuir índice de deformabilidade e de aderência compatíveis (CASTRO, 1997), bem como resistência à tração e à compressão semelhantes (MAGALHÃES, 2005), entre outros. Isso evita a concentração de esforços diferenciados.

O fenômeno de fluência pode causar o colapso de estruturas de alvenaria antigas. Isto, devido a elevadas tensões de compressão nos elementos de alvenaria dessas estruturas, consequência de elevadas cargas permanentes, onde geralmente aparece o fenômeno da fendilhação. Esta, muitas vezes passa despercebida após as operações de reabilitação, restauro e conservação não estruturais, onde são aplicados novos rebocos sobre as fendas ou restauradas as pinturas. Portanto, isto não permite identificar o problema da fluência durante as inspeções “in situ”, por parte dos técnicos e pode terminar em colapso da estrutura (SILVA, 2008).

Em geral, as estruturas de alvenaria dependem do efeito dos pisos ou das coberturas para distribuir as cargas laterais e assim assegurar a estabilidade global da estrutura. É importante examinar a disposição destas estruturas e a sua ligação efetiva à alvenaria.

Também é necessário compreender a sequência da construção porque as diferentes características dos diferentes períodos da alvenaria podem afetar o comportamento global da estrutura (ICOMOS, 2004).

Entre as principais intervenções a serem feitas nas obras de pedra podemos ressaltar a necessidade de limpeza e remoção de infestação de vegetação (ver figura 13).



Figura 13: Infestação de vegetação em obras de pedra.

No caso de pontes, a execução da impermeabilização e drenagem do pavimento e a execução de ajustes urbanísticos nas áreas em torno das pontes para integrar as limitações de tráfego, também se fazem necessários (LOURENÇO e OLIVEIRA, 2004)

Os mecanismos de ruptura e os padrões de fendilhação dependem do nível de carga vertical aplicada, bem como das características mecânicas dos materiais constituintes, nomeadamente da resistência mecânica da pedra e da resistência da junta de argamassa à tração e ao corte (LOURENÇO e VASCONCELOS, 2004).

Como o tijolo de terra crua, também conhecido como tijolo de adobe ou simplesmente adobe, e as paredes de pau-a-pique são muito porosos e tendem a absorver muita água, é fundamental que esta seja retida de forma a não atingir este substrato. Caso a água seja absorvida por estas paredes, certamente ocorrerá a degradação das mesmas, o que causará danos na edificação. Além disso, a danificação das paredes por água pode causar danos também na estrutura, principalmente pelo apodrecimento da madeira (RODRIGUES, 2004). Para se evitar este tipo de dano, o revestimento dessas paredes deve ser mantido sempre em bom estado de conservação, assim como o telhado da edificação. Também, estas paredes devem ser distantes do solo cerca de 60 centímetros.

Quanto aos cuidados na construção com adobe, Oliveira (2005) enfatiza os seguintes:

- a) o principal cuidado é com a prevenção à infiltração da água – é preciso garantir boas fundações, do ponto de vista do isolamento da umidade do solo, que pode subir por capilaridade pelas paredes e deteriorá-las por fissuras,

devido ao aumento de volume dos sais ao se solidificarem, principalmente, em regiões de águas mais salinas (DI MARCO, 1984). Um recurso é também o de ser generoso nos beirais, para se lançar as águas pluviais o mais longe possível das paredes, ou, alternativamente, se pensar em detalhes construtivos que facilitem o escoamento imediato destas águas;

- b) para não se alojarem insetos, principalmente os barbeiros (*Triatoma infestans*), que é o vetor do parasita *Tripanossoma cruzi*, que transmite a doença de Chagas, deve-se ter cuidado com a manutenção das construções, fazendo-se a eliminação dos vazios (frestas) e a caiação periódica das paredes. Outro recurso é o uso do enxofre como aglutinante do barro, que funciona como um repelente natural dos insetos;
- c) quanto às vibrações, o adobe mostra-se bastante frágil, principalmente quando desempenha função estrutural. Esse problema pode ser sanado com sua associação com outros materiais (por exemplo, com a madeira), ou adotando-se dispositivos construtivos, como, por exemplo, o uso de baldrame de concreto armado, funcionando como uma cinta de amarração do conjunto edificado.

Tensões de compressão próximas da capacidade dos materiais podem causar fendas verticais como primeiro sinal de danos, conduzindo finalmente a grandes deformações laterais, destacamentos etc. A extensão na qual estes efeitos se tornam visíveis depende das características do material e, em particular, da sua fragilidade. Estes efeitos podem desenvolver-se muito lentamente (até durante décadas) ou rapidamente, mas tensões próximas da resistência última representam um risco de colapso elevado, mesmo que as ações permaneçam constantes.

As cargas laterais atuantes no plano da estrutura podem causar fendas diagonais ou deslizamento. As cargas fora do plano ou cargas excêntricas podem causar separação dos panos, em uma parede de panos múltiplos, ou rotação da totalidade da parede sobre a sua base. Neste último caso, é possível que surjam fendas horizontais na base da parede antes de ocorrer o derrubamento (ICOMOS, 2004)

Obras em pedra, como pontes em arco, bases de edificações, chafarizes e muros, construídas há séculos, muitas vezes apresentam

graves problemas de danos devidos, principalmente, à falta de manutenção adequada. A presença de plantas e até mesmo arbustos nestas construções, como pode ser visto na figura 14, demonstra claramente esta falta de manutenção.



Figura 14: Presença de vegetação em obras de pedra

A formação de fendas de reduzida espessura pode ser normal no comportamento de algumas estruturas em abóbada (ICOMOS, 2004).

Segundo Luso (2002), as paredes em alvenaria são na maioria das vezes revestidas com argamassa de reboco. Isto torna difícil identificar se a patologia é exclusiva do reboco ou tem origem na parede (MOURA, 2001). As paredes de alvenaria apresentam várias anomalias em consequência da sua função estrutural, principalmente fissuração, desagregação e esmagamentos localizados. A fendilhação é a patologia mais corrente, uma vez que a alvenaria possui resistência muito baixa à tração.

Ainda segundo Luso (2002), são visíveis também grandes deformações nas paredes de fachada relacionadas com problemas estruturais ou com problemas de umidade. Como já referido, as coberturas exercem, por vezes, esforços horizontais nas paredes, para os quais estas não estão aptas. Por outro lado, as alvenarias expandem por ação da umidade, deteriorando as argamassas e resultando em desagregações superficiais e abaulamentos.

Conforme Silva (2008), no caso da alvenaria de pedra, as principais patologias resultantes do comportamento material relacionam-se tipicamente com:

- A baixa resistência à tração, relacionada com a fraca ligação promovida pela argamassa, que em geral é quase incoerente ou inexistente, sendo utilizados materiais como argamassas

fracas ou mesmo terra, que apresentam, normalmente, apenas a função de preenchimento do espaço das juntas. Da baixa resistência à tração resulta uma baixa resistência a esforços de flexão, tornando o funcionamento da alvenaria crítico a ações fora do seu plano e a excentricidades das cargas verticais demasiadamente elevadas;

- Em paredes de três panos, geralmente o pano interno é constituído por materiais de muito fraca resistência mecânica, com tendência para compactar, resultando em uma distribuição de tensões não-uniforme e, através da deformação deste, na expulsão para fora do plano dos panos externos. A distribuição aleatória de vazios no pano interno, para além da resistência à compressão, condiciona o comportamento deste tipo de paredes, tornando-o ainda mais heterogêneo e complexo.
- Uma baixa resistência ao cisalhamento das paredes, resultante de uma baixa resistência a ações de corte da argamassa das juntas na formação de mecanismos de corte associados ao deslizamento das juntas horizontais, e da baixa resistência à tração da argamassa ou ligação argamassa-unidade, na formação de mecanismos de tração diagonal, de paredes solicitadas por cargas horizontais contidas no seu plano.

No que diz respeito às patologias que resultam do comportamento estrutural, relacionam-se geralmente com:

- Uma fraca ligação transversal entre os panos constituintes da secção transversal de uma parede de três panos, consentida através da ausência de elementos de ligação ou por fraca ou inexistente ligação promovida pela possível presença de uma argamassa no pano interno. Isto possibilita o desenvolvimento de mecanismos de ruptura por instabilização, ao nível da parede, dos panos externos com a sua separação e colapso para fora do plano, quer por ação de cargas verticais, especialmente se forem elevadas, quer por ação de cargas horizontais, resultantes da ação sísmica ou de impulsos de arcos, abóbadas, etc.;
- Uma baixa ductilidade e com uma fraca capacidade de dissipação da energia, sobretudo sob a ação sísmica, traduzindo-se em mecanismos de rotura frágil;

- Uma deficiente ou inexistente ligação entre elementos resistentes: i) fraca ligação entre paredes ortogonais que inviabilizam, especialmente para a ação sísmica, um efetivo funcionamento da construção com comportamento tridimensional, tornando possível o derrube de uma fachada exterior, por rotação, após separação das paredes transversais; ii) deficiente ligação entre os pavimentos/coberturas, geralmente de madeira, e as paredes resistentes que os suportam.

No caso das estruturas de alvenaria de tijolo cerâmico, especialmente em estruturas maciças e altas como torres, muralhas ou com paredes pesadas, para além dos mecanismos associados às patologias comuns à alvenaria de pedra, destacam-se os seguintes fenômenos associados às patologias mais frequentes (VALLUZZI, 2000):

- Macro-fendilhação: fendas que atravessam toda a secção da parede causada por ações estáticas ou dinâmicas correntes (concentração de esforços nas zonas dos cantos, assentamentos das fundações, acréscimo rápido das cargas permanentes, sismos etc.);
- Micro-fendilhação: constituída por uma fina e difusa malha de fendas de orientação praticamente vertical, que afeta as juntas de argamassa (em função da textura da parede), mas também as próprias unidades;
- No caso de paredes de múltiplos panos, a separação destes também é frequente, devido à fraca resistência da ligação.

Quando as paredes deixam de funcionar monoliticamente existe uma perda considerável de rigidez por parte da estrutura, o que agrava o efeito da ação vibratória e permite que as paredes vibrem individualmente podendo chocar entre elas, facilitando a possibilidade de colapso das mesmas (ver Figura 15). Isto tem sido muito frequente atualmente na cidade de Ouro Preto, devido ao tráfego de veículos pesados, embora os órgãos públicos estejam trabalhando no intuito de impedir que veículos pesados circulem pelo centro histórico.

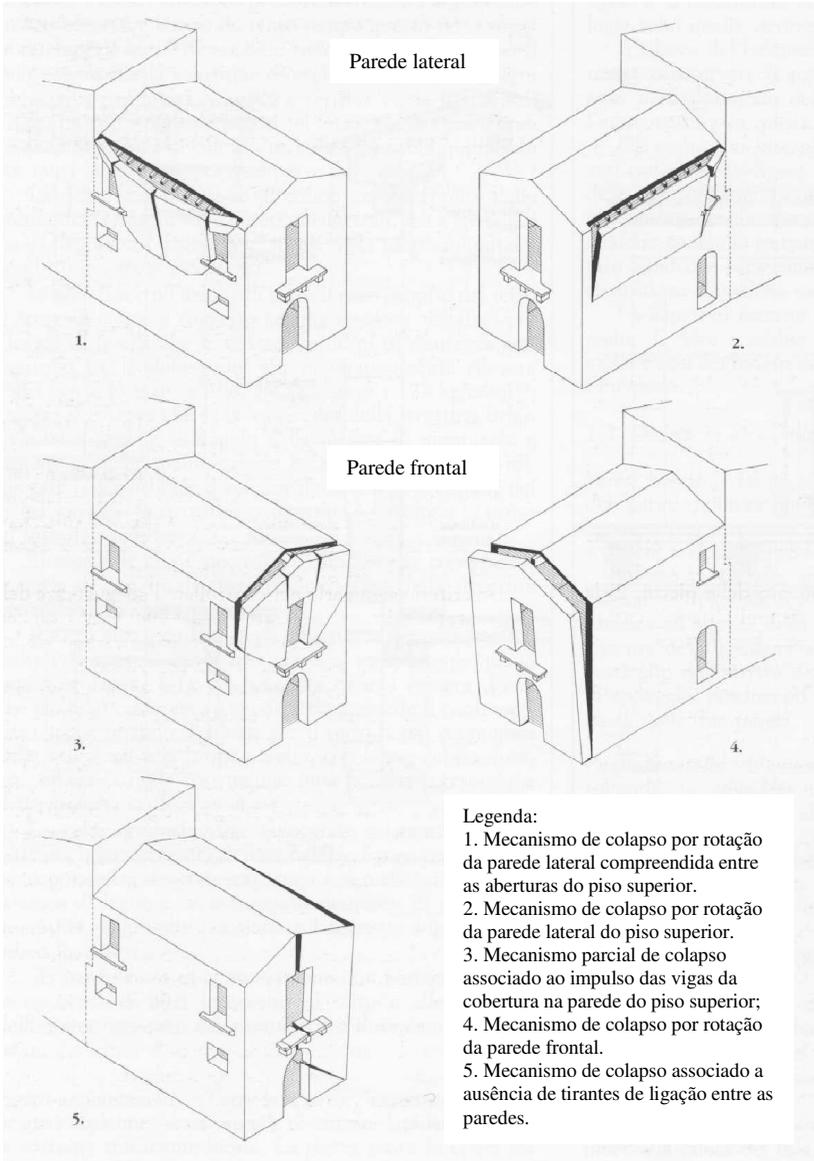


Figura 15: Mecanismos de ruptura devidos à falta de ligação entre os elementos de estruturas em alvenaria devido à ação sísmica, principalmente trânsito de veículos.

Fonte: (Giuffrè, 1993, apud SILVA, 2008).

A pedra aparente também sofre diversas patologias associadas à poluição atmosférica, à presença de água e à temperatura, que desempenham um papel muito importante no desenvolvimento de deteriorações.

A deterioração das pedras das construções envolve muitas variáveis, quer do tipo de pedra, quer do meio ambiente e das próprias construções que levam a modificações da aparência, coesão, dimensões ou composição química.

As patologias encontradas nas pedras das fachadas dos edifícios são devidas, essencialmente, à presença de umidade. A água no interior dos materiais associada à falta de conservação e manutenção do edifício, constitui condições favoráveis para o crescimento de vegetação, em geral inofensiva, mas que afeta o valor estético da fachada. Por vezes as raízes penetram nas fendas exercendo um efeito químico e mecânico que podem acentuar as deteriorações já existentes (ver Figura 16). Quando estas plantas se alojam em coberturas, impedem o perfeito escoamento da água da chuva, surgindo umidade no edifício.



Figura 16: (a) Raízes penetrando entre as pedras; (b) Vegetação por toda a fachada, demonstrando total abandono; (c) Vegetação no muro.

Geralmente estas paredes de pedra também constituem meios propícios ao desenvolvimento de colônias biológicas como fungos, bolores e musgo, devido também à presença de umidade (ver Figura 17).



Figura 17: (a) Evidência de intervenção feita sem o devido cuidado; (b) e (c) Presença de bolor; (d) Evidências de estrutura de pedra danificada devido a intervenção inadequada

4.3.2 - Ensaio de avaliação de alvenaria

O caráter histórico e monumental de alguns edifícios bem, como a existência de um número elevado de edifícios de alvenaria de pedra pertencentes à arquitetura vernacular e a vulnerabilidade a vibrações devido ao intenso tráfego de veículos pesados próximo a estas edificações, requer o conhecimento mais amplo do desempenho

estrutural de construções submetidas a ações sísmicas. O conhecimento deste comportamento estrutural poderá proporcionar, por um lado, a prevenção do colapso de estruturas quando solicitadas e, por outro, conduzir a uma adequada intervenção com vista ao aumento da sua capacidade resistente (LOURENÇO e VASCONCELOS, 2004).

A atividade experimental para caracterizar o comportamento deste tipo de estruturas é essencial, de forma a conhecer o seu comportamento estrutural e a serem encontradas formas de reforço eficazes e que, ao mesmo tempo, satisfaçam as condições exigíveis para as estruturas históricas, necessárias à sua preservação (SILVA, 2008).

Lourenço e Vasconcelos (2004) realizaram ensaios em paredes de pedra com aplicação de cargas horizontais cíclicas em 10 paredes de pedra serrada com junta seca e em 6 paredes com junta argamassada. Concluíram que as paredes, independentes do arranjo das pedras assentadas, de um modo geral, apresentam elevada capacidade de deformação e absorção de energia sem uma significativa perda de resistência após o início da fendilhação.

O material a ser utilizado na construção das paredes ensaiadas deverá ser considerado representativo do material existente na maioria das construções antigas. Deve-se ressaltar que, apesar de se extrair o material da mesma pedra, poderão surgir sempre variações, dada a heterogeneidade do maciço rochoso (LOURENÇO e VASCONCELOS, 2004).

O conhecimento das propriedades dos materiais é de fundamental importância. Para tanto, deve-se realizar um conjunto de ensaios de caracterização das propriedades das rochas em termos de resistência à compressão, tração, assim como o estudo do comportamento da junta seca sob ações horizontais cíclicas nos materiais constituintes das paredes. Também, deve-se realizar ensaios de caracterização da argamassa à compressão, caracterização da resistência da junta de argamassa à tração e ao corte (LOURENÇO e VASCONCELOS, 2004).

A termografia permite a melhoria da qualidade e a realização de mais resoluções e tarefas de desenho que são mais difíceis com outros métodos. A umidade em edifícios também pode ser identificada com a termografia (AL-KASSIR et al, 2004).

A técnica de infravermelho (método não destrutivo) foi utilizada para detectar áreas danificadas em edifícios, tais como descascamento, fissuras e penetração de umidade por Al-Kassir et al (1995) com sucesso.

Em relação aos tijolos antigos, a informação existente não é muito significativa. No entanto, em face dos trabalhos realizados por

diferentes autores, parece ser possível definir algumas características para tijolos antigos de diferentes países europeus (Tabela 7 e Tabela 8). Para caracterização de tijolos antigos, Fernandes et al (2003) fizeram primeiramente a caracterização química, física e mecânica, para então fazerem a definição de ensaios não destrutivos adequados e a obtenção de correlações satisfatórias, para que, em aplicações correntes, se possa caracterizar mecanicamente as alvenarias antigas.

Tabela 7: Evolução típica das dimensões dos tijolos

Fonte: Fernandes et al. CARACTERIZAÇÃO DE TIJOLOS ANTIGOS. 3º E N C O R E. LNEC, 2003

Período	Dimensões (cm)	Observações
Até o séc. V	(30-40), (25-40), (4-6)	Formas geralmente quadradas, de elevada espessura e muito diversificadas.
Séc. V até ao séc. XVIII	(25-35), (10-20), (3,5-4)	Diminuição das dimensões para formas mais retangulares e de menor espessura.
Após séc. XVIII	22, 11, 7	Medidas atuais para um tijolo de argila maciço, de fácil manuseamento.

Tabela 8: Propriedades físicas dos tijolos.

Fonte: Fernandes et al. CARACTERIZAÇÃO DE TIJOLOS ANTIGOS. 3º E N C O R E. LNEC, 2003

Propriedade	Observação
Resistência à compressão	Entre 2 e 31MPa. Depende da sua localização em termos espaciais (interior/exterior) e estruturais (pilar abóbadas, arcos, fornos...). Depende da matéria-prima e do grau de cozedura, evidenciado muitas vezes pela cor, textura e pelas impurezas e elementos estranhos dentro da pasta de argila.
Absorção de água	Entre 10 e 30%. Parece verificar-se uma melhoria na evolução na fabricação dos tijolos, além de uma maior homogeneidade.
Tração	Até 10% da resistência à compressão (valores entre 0,1 a 1,3MPa)
Densidade	Entre 1,4 g/cm ³ e 1,9 g/cm ³ , verificando-se alguma convergência com o tempo para valores entre 1,6 g/cm ³ e 1,8 g/cm ³ .
Porosidade	Entre 15 e 35%
Sucção	Entre 0,11 e 0,23g / (cm ² .min)

A tabela 9 lista alguns dos ensaios necessários para caracterização dos tijolos.

Tabela 9: Ensaios necessários para caracterização de tijolos antigos

Ensaio	Observação
Absorção de água por imersão	A porosidade e a absorção de água apresentam variabilidade elevada. Foram aplicadas as especificação da RILEM: LUMA4, TC 76-LUM, 1991, e do LNEC E 394-1993
Absorção de água por capilaridade e sucção	O ensaio tem duração de cerca de cinco dias. As normas aplicadas são ASTM C67-98A e especificação do LNEC E 393-1993.
Análise química por espectrometria de fluorescência de raios X	Para determinação da composição química da massa constituinte dos tijolos.
Furação controlada	Ensaio ligeiramente destrutivo. Norma ASTM E 837-01
Compressão uniaxial	Já normalizado e os corpos de prova possuem reduzida dimensão (cubos com cerca de 3 cm de aresta). Norma ABNT 6460/1983.
Difratometria de raios X	Para determinação de fases mineralógicas da massa constituinte dos tijolos.
Resistência mecânica à flexão	Os parâmetros são definidos pela norma ASTM D-790/1986.
Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	Para observar detalhes da estrutura do material.

Uma análise da distribuição de tensões é útil para identificar as causas de danos. Para compreender as causas de danos (diagnóstico) é necessário avaliar primeiro os níveis e a distribuição de tensões, mesmo que aproximadamente. Dado que as tensões são normalmente muito baixas, pequenos erros na avaliação não afetam significativamente a margem de segurança. Uma inspeção visual do padrão de fendilhação pode fornecer uma indicação do trajeto das cargas dentro de uma estrutura.

Quando as tensões, em áreas significativas, estão próximas da resistência última é necessário realizar uma análise estrutural mais precisa ou ensaios específicos na alvenaria (ensaio de macacos planos, ensaio sônico etc.) para proporcionar uma avaliação mais precisa da resistência.

A relação entre a distribuição da carga e a geometria da estrutura deve ser cuidadosamente considerada quando as cargas (especialmente cargas permanentes elevadas) são removidas ou acrescentadas a estruturas de alvenaria em arco ou em abóbada.

4.3.3 - Metodologia de inspeção

Uma intervenção estrutural em um edifício de alvenaria antigo deve partir de uma cuidadosa avaliação da segurança, através da qual se tenha identificado um estado de degradação e/ou um conjunto de alterações que impliquem cargas ou condições estruturais mais desfavoráveis do que as consideradas originalmente (SILVA, 2008).

A análise preliminar da alvenaria deve identificar as características dos constituintes deste material compósito: as pedras (calcário, arenito etc.) ou tijolos (cozidos ou secos ao sol etc.), e o tipo de argamassa (cimento, cal etc.). É também necessário conhecer como os elementos estão ligados (juntas secas, juntas argamassadas etc.) e o modo como se relacionam geometricamente entre si. Diferentes tipos de ensaios podem ser utilizados para averiguar a composição da parede (ensaios endoscópicos, Microscopia eletrônica de varredura, difratometria de RX etc.) (ICOMOS,2004).

Roque (2002) afirma que, do ponto de vista estrutural, de forma sintetizada, em uma intervenção em uma estrutura antiga de alvenaria exigem-se os seguintes requisitos:

- Restabelecimento das condições de segurança (confiabilidade estrutural global): i) estabilidade das fundações; ii) rigidez e monolitismo estrutural (boa ligação entre elementos estruturais verticais e horizontais);
- Melhoramento das características mecânicas (de difícil quantificação em função do grau de dano existente);

Segundo ICOMOS (2004), as diferentes possibilidades de intervenção para reforçar uma parede incluem:

- o refechamento das juntas da alvenaria existente, consolidação da parede com argamassa de injeção do tipo “grout”;
- a inclusão de armaduras metálicas, verticais ou longitudinais;
- a remoção e reposição de material deteriorado;
- o desmonte e a reconstrução, parcial ou total.

Atualmente existe uma grande quantidade de técnicas de reforço de estruturas de alvenaria antiga. Estas podem ser relativas aos materiais utilizados ou os efeitos (ROQUE, 2002). Assim, ele afirma que:

- i. Quanto aos materiais as técnicas de reforço podem ser distinguidas de:
 - Técnicas tradicionais: empregam exclusivamente materiais e processos de construção idênticos aos originais;
 - Técnicas modernas ou inovadoras: procuram adequar soluções mais eficientes que as tradicionais através do uso de materiais e equipamentos modernos.
- ii. Quanto aos efeitos, podem ser distinguidas de:
 - Técnicas de reforço passivo: os reforços apenas funcionam para cargas superiores às correspondentes ao estado de equilíbrio em que a estrutura se encontra ou para deformações sofridas posteriormente;
 - Técnicas de reforço ativo: estes reforços pressupõem uma modificação das condições de carga com reação imediata da estrutura (alteração do estado de equilíbrio e de deformabilidade). As soluções pré-esforçadas são um exemplo claro de reforços ativos.

Sem dúvida que as técnicas de reforço tradicionais são preferíveis a nível estético e cultural, contudo nem sempre é possível recorrer a estas técnicas, quer por falta de materiais idênticos aos originais (por exemplo, argamassas ou madeiras), quer por falta de artesãos que façam a sua aplicação segundo os processos antigos originais, ou então por simples razões econômicas (SILVA, 2008).

O uso de argamassas fluidas (cal, cimento, resinas, produtos especiais etc.), injetadas para consolidar a alvenaria e resolver problemas de fendilhação e degradações, depende das características dos materiais. Deve ser dada particular atenção à compatibilidade entre materiais originais e materiais novos. Os cimentos com sais apenas podem ser utilizados se não existir risco de danos para a alvenaria e, em particular, para os seus paramentos (ICOMOS, 2004).

4.4 - REVESTIMENTOS DAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS

Os edifícios antigos apresentam normalmente o reboco externo em argamassa de areia e cal. No entanto, este tipo de argamassa caiu em desuso após o surgimento das argamassas com cimento Portland (RODRIGUES, 2003).

As camadas de regularização e proteção eram constituídas por argamassas de cal e areia, eventualmente com adições minerais e aditivos orgânicos. Normalmente, as camadas internas tinham granulometria mais grosseira que as externas. Consequentemente, a superfície específica ia aumentando também das camadas internas para as externas. Com isso, a capacidade de deformar sem causar danos maiores e a porosidade iam aumentando das camadas internas para as externas, promovendo assim um bom comportamento às deformações estruturais e à água, já que com o aumento da porosidade a liberação de água é facilitada. Cada uma das camadas principais referidas podia, por sua vez, ser constituída por várias subcamadas. Com efeito, para a mesma espessura total, camadas finas em maior número permitiam uma melhor capacidade de proteção e uma durabilidade superior.

Os barrados ou chapiscados eram constituídos por massas finas de cal e pó de pedra, também geralmente aplicadas em várias subcamadas, com finura crescente das mais interiores para as mais exteriores. Estas camadas eram muito importantes para a proteção do reboco, verificando-se que, quando se destacam, se assiste a uma degradação rápida do reboco subjacente (VEIGA e TAVARES, 2002).

4.4.1 - Deteriorização dos revestimentos

A resistência mecânica de uma argamassa está diretamente relacionada com o tipo e a quantidade de aglomerante empregado. Com relação aos esforços a que estará submetida uma parede, a argamassa deve possuir resistência suficiente para suportá-los. Entretanto, ela não deve possuir resistência superior aos tijolos ou blocos empregados. Isto ajuda a evitar o surgimento de trincas ou fissuras nas paredes ou, caso ocorram, sejam nas juntas e não nos blocos ou tijolos (ROMAN, s.d.). Mas como já foi dito, muitas edificações têm paredes de terra crua, e também a argamassa de assentamento do mesmo material. Isso enfatiza ainda mais a necessidade do estudo dos processos construtivos empregados.

Uma argamassa convencional, com boa trabalhabilidade no estado fresco, facilita sua distribuição homogênea em toda a superfície

da parede. Porém, a presença de cimento na argamassa a deixa bem mais rígida depois de endurecida do que a originalmente usada (com uso apenas de cal e areia ou cal, areia e terra). Isto provoca tensões diferenciadas no revestimento, causando o aparecimento de fissuras e trincas. Quando aplicada sobre uma parede de terra crua, influencia diretamente outras propriedades desta parede após endurecida, principalmente por torná-la mais rígida, impedindo sua movimentação devido a variações climáticas e sismos.

Segundo Veiga (2003), sempre que se fala em reparação de revestimentos, pensa-se de imediato na substituição do revestimento existente por outro com aspecto semelhante e aplicação de uma camada de "verniz" que o proteja da água e do seu potencial deteriorante. Assim, remove-se o revestimento antigo, perdendo para sempre um testemunho valioso, irrepetível, de uma estética e de uma tecnologia – que mesmo se ilegível para muitos, alguns saberiam ler e traduzir – muitas vezes sem guardar sequer um registro completo da sua imagem e da sua composição. Depois aplica-se um revestimento novo, mais homogêneo, menos permeável, com maior resistência mecânica, portanto supostamente com melhor desempenho. No entanto, acaba por revelar-se “desconhecido” e “plastificado”, por envelhecer depressa e, às vezes, mal e, ironicamente, por acelerar a degradação do conjunto. Veiga (2003) destaca que esta atitude tem três grandes desvantagens:

- i. Científica: perdem-se testemunhos das antigas técnicas de construção e, de algum modo, do estado dos conhecimentos e do modo de vida das populações. Esta desvantagem pode ser parcialmente suprida pelo registro detalhado dos revestimentos removidos, coleta e arquivo de amostras e registro fotográfico, mas estes cuidados são geralmente omitidos;
- ii. Estética: descaracteriza os edifícios. Isto é inevitável, pois, por mais semelhantes que sejam os revestimentos usados, por mais que se afine a cor e a textura, o material usado e a técnica empregada deixam uma marca indelével e a diferença é sempre sensível, senão de imediato, pelo menos a médio prazo, após envelhecimento;
- iii. Técnica: ao alterar as características dos revestimentos, altera-se o funcionamento da parede, o que pode conduzir, paradoxalmente, a uma degradação muito mais rápida. Este é o aspecto mais preocupante, pois não se perdem só os

revestimentos, mas também as paredes e, no extremo, todo o edifício.

Ainda segundo Veiga (2006), não só por razões históricas, mas principalmente por razões técnicas, é muito mais razoável respeitar o funcionamento da parede:

- mantendo os revestimentos antigos, reparando-os, se possível;
- ou, se for necessário recorrendo à substituição, usando revestimentos com características idênticas aos antigos, compatíveis com os materiais preexistentes e capazes de garantir um funcionamento conjunto semelhante ao que perdurou ao longo de séculos.

Quando a reparação não é viável, por mau estado de conservação generalizado do revestimento antigo, é necessário substituí-lo, se possível por outro com características semelhantes. É importante recorrer, tanto quanto possível, a materiais com características semelhantes aos pré-existentes não apenas do ponto de vista estético, mas principalmente no que se refere ao seu efeito no desempenho da parede. Tendo em conta o comportamento à água e a sua influência decisiva na durabilidade, é particularmente importante evitar produtos pouco permeáveis, nomeadamente produtos hidrófugos e produtos sintéticos (VEIGA, 2006).

Também correspondendo à forma mais elementar de revestimento de fachada, a tinta exerce duas funções distintas mas complementares: a tinta consolida a proteção das fachadas como camada sacrificial e, complementarmente, embeleza as mesmas, representando uma expressão plástica do edifício (BAPTISTA, 2004).

Veiga (2006) conclui que sempre que pequenas intervenções em revestimentos de edifícios antigos não sejam possíveis, no sentido da preservação e reparação, que os revestimentos de substituição a escolher devem ser compatíveis com os materiais dos elementos pré-existentes. Isto implica que apresentem características semelhantes, principalmente no que se refere ao comportamento à água, ao teor de sais solúveis e aos mecanismos de envelhecimento.

Segundo Rago et al (1994), “desempenho” pode ser definido como a capacidade de um produto em atender as necessidades dos usuários no contexto específico em que é empregado.

O desempenho de uma argamassa de revestimento durante a fase de construção está ligado à facilidade de sua aplicação, sendo facilmente

avaliado através de uma aplicação experimental do produto. Ela deve ter boa resistência de aderência após endurecida para que não haja descolamento entre ela e o substrato, principalmente em locais sujeitos a intempéries. Ela também deve ter o papel de barreira à penetração de água (RAGO et al, 1994).

Os revestimentos de paredes, pela sua grande exposição às ações externas e pelo seu papel de proteção das alvenarias, são dos elementos mais sujeitos à degradação, pelo que são dos mais frequentemente abrangidos nas intervenções. As mesmas razões que levam a repará-los ou substituí-los justificam também um grande cuidado nessas intervenções, sendo fundamental um bom conhecimento da constituição e funcionamento dos revestimentos antigos (VEIGA e TAVARES, 2002).

Os rebocos e as paredes, sujeitos a um período de contato com a água mais elevado, sofrem também maior degradação. Um dos mecanismos mais significativos dessa degradação é a cristalização de sais, sob a forma de criptoflorescências, quer entre a superfície externa do reboco e a camada de pintura – contribuindo para a perda de aderência da tinta – quer no interior da camada de reboco, provocando a perda de coesão do reboco, que se torna pulverulento (VEIGA e TAVARES, 2002).

A degradação dos revestimentos de paredes, mesmo quando superficial, afeta muito a aparência dos edifícios e confere um ar de decadência que todos queremos evitar nos Centros Históricos e nos Monumentos das nossas cidades.

A principal causa da degradação é a água (da chuva, proveniente das fundações etc.), portanto muitas vezes procura-se, de forma simplista, recorrendo às técnicas atuais, impedir a chegada da água às paredes, aumentando a impermeabilidade dos revestimentos exteriores (VEIGA, 2006).

Uma patologia comum nas fachadas dos edifícios são os descolamentos dos rebocos provocados, talvez, pela incompatibilidade destes com a deformação dos edifícios, ou pela presença de umidade (ver Figura 18). É um tipo de degradação que descaracteriza bastante a imagem do edifício e que suscita a necessidade de intervenção urgente. Com esta deterioração agravam-se os problemas de umidade nas paredes devido à perda da proteção que o reboco exerce. Em muitos casos de intervenções de reparos mal feitas, são empregadas argamassas ricas em cimento, que, além de se adaptarem pior às deformações da alvenaria, têm maior percentagem de sais incompatíveis com os suportes antigos, conduzindo à fissuração e posterior descolamento dos novos rebocos.



Figura 18: Descolamento de reboco em paredes diversas

4.4.2 - Ensaio de avaliação dos revestimentos

Rodrigues (2003) sugere os seguintes ensaios para as argamassas a serem empregadas: Trabalhabilidade; Módulo de elasticidade dinâmico; Resistência à tração por flexão; Resistência à compressão; Massa volumétrica; Porosidade aberta; Absorção de água por capilaridade; Coeficiente de capilaridade; Resistência à cristalização de cloretos e à ação de sulfatos; Retração; Aderência; Carbonatação; Retenção de água e Permeabilidade ao vapor.

4.4.3 - Técnicas de inspeção e de reparos

Veiga e Tavares (2002) recomendam que os rebocos existentes sejam, tanto quanto possível, mantidos e reparados pontualmente e que, quando o tipo e grau da degradação seja tal que torne necessária a sua substituição, se usem rebocos com o mesmo tipo de aglomerante usado originalmente.

Em alguns países europeus onde o restauro e a conservação do patrimônio urbano edificado têm sido bastante estudados, existe disponível uma variedade de produtos de revestimento superficial com características tradicionais que respondem com eficácia aos problemas decorrentes de uma execução rápida, pouco cuidada e com utilização de mão-de-obra indiferenciada (BAPTISTA, 2004).

Diversos estudos de investigação, nacionais e estrangeiros, apontam composições possíveis e metodologias para a formulação de argamassas a usar para obter rebocos compatíveis (VEIGA e TAVARES, 2002). De um modo geral os rebocos recomendados devem verificar os requisitos fundamentais estabelecidos no quadro 1.

Quadro 1: Requisitos dos Rebocos a usar em Edifícios Antigos

Fonte: Veiga e Tavares, (2002)

Argamassa	Características mecânicas aos 90 dias (MPa)			Aderência ao suporte (Ra) (MPa)	Comportamento às forças desenvolvidas por retração restringida [F _{rmáx} (N) * G (N.mm)]	Comportamento à água Ensaio clássicos			Comportamento térmico
	Resistência à tração (Rt)	Resistência à compressão (Rc)	Módulo de elasticidade (E)			Permeância ao vapor de água (m)	Coefficiente de capilaridade de C (kg/m ² .h ^{1/2})	Porosidade	
Requisito geral, a aplicar quando se conhecerem as características do suporte				Resistência ao arrancamento (Ra) inferior à resistência à tração do suporte: a rotura nunca deve ser coesiva pelo suporte.	Força máxima desenvolvida por retração restringida (F _{rmáx}) inferior à resistência à tração do suporte.	Capilaridade e permeabilidade ao vapor de água semelhantes às argamassas originais e superiores à do suporte.	Porosidade e porosimetria semelhantes às das argamassas originais e com maior percentagem de poros grandes que o suporte.	Coefficiente de dilatação térmica e condutibilidade térmica semelhantes aos das argamassas originais e à do suporte.	

Reboco exterior	0,2 – 0,7	0,4 – 2,5	2000-5000	0,1 – 0,3 ou com rotura coesiva pelo reboco	< 0,08	< 12; > 8		
Reboco interior	0,2 – 0,7	0,4 – 2,5	2000-5000	0,1 – 0,3 ou com rotura coesiva pelo reboco	< 0,10	-	-	
Juntas	0,4 - 0,8	0,6 – 3,0	3000-6000	0,1 – 0,5 ou com rotura coesiva pela argamassa	< 0,10	< 12; > 8		

* Fr max – Força máxima devida à retração restringida; G –Energia de ruptura por tração

4.5 - PEÇAS METÁLICAS

As peças metálicas são usadas em menor escala do que os demais materiais de construção em edificações históricas, mas mesmo assim são de grande importância. Geralmente, elas são empregadas em guardacorpos de sacadas, dobradiças, fechaduras e reforço de ligação de peças de madeira em telhados e são constituídas por ferro forjado a quente.

4.5.1 - Deterioração de peças metálicas

As patologias menos visíveis são das peças metálicas dos edifícios. Geralmente causadas por oxidação, as peças metálicas presentes em portas e janelas, ornamentações de varandas e em guardacorpos danificam-se em escala muito menor que os demais elementos da edificação. A principal razão da oxidação é a falta de pintura.

4.5.2 - Metodologia de inspeção

A inspeção visual das peças metálicas normalmente já é suficiente para avaliar as suas condições. Deve ser verificado se há presença de descascamento ou de bolhas na pintura e de pontos de corrosão. Quando houver presença de bolhas, é aconselhável removê-las. Removendo as bolhas, é mais fácil para verificar quais as causas de sua ocorrência. Muitas vezes estão relacionadas com corrosão.

5 METODOLOGIA

O objetivo principal da pesquisa é propor uma metodologia para se caracterizar os processos construtivos empregados em edificações históricas, principalmente as situadas no eixo tronco da cidade de Ouro Preto, definindo quais os materiais e quais as técnicas foram empregadas nestas construções a fim de facilitar o cadastro para novos inventários na cidade. A partir daí, fornecer subsídios para que as intervenções nos imóveis sejam compatíveis com sua importância histórica. Desta forma, possibilitar a definição de diretrizes para que projetistas e construtores sejam capazes de reproduzir, o mais fielmente possível, os processos e as técnicas empregadas nas edificações que necessitam de alguma intervenção física, sem descaracterizar o Patrimônio Histórico. O trabalho partiu de caracterizações dos processos construtivos já realizadas por vários pesquisadores. Isto deve fornecer subsídios para sejam adotados esses mesmos processos de caracterização nas reformas e restauro dos imóveis de relevante valor histórico, identificando a constituição de cada elemento construtivo, de forma a não os descaracterizar.

Identificados os materiais construtivos empregados, estes são submetidos a ensaios de caracterização já consolidados. Para facilitar este serviço, foram propostas a criação de planilhas e quadros com informações preliminares sobre as condições em que se encontra a edificação e quais os materiais construtivos empregados e os ensaios prováveis a serem feitos. Isto produz um mecanismo para otimizar e aplicar este modelo em escala mais ampla.

Como a identificação de todos os métodos de ensaios possíveis é impraticável, foram selecionados métodos para caracterizar os materiais mais relevantes de uma edificação histórica. A seleção destes ensaios se deu, essencialmente, através de pesquisa bibliográfica, e é voltada especificamente para edificações históricas.

Foram tomadas como base para esta metodologia as recomendações do ICOMOS (2004), que definem a análise, conservação e restauro estrutural do patrimônio arquitetônico. Com estas recomendações, e a partir do cadastramento de imóveis de valor histórico que necessitam reparos ou restauro feito pelo projeto Monumenta, citados no capítulo 1, foram selecionados 3 (três) para os levantamentos das edificações e validação da proposta ora apresentada.

A validação foi feita conforme descrito a seguir:

5.1 - Escolha dos imóveis

Foram selecionados, primeiramente, imóveis situados preferencialmente no eixo tronco, e em sítios tombados pelo patrimônio histórico. Isso, porque como já foi citado anteriormente, é por onde a cidade surgiu e, conseqüentemente, onde estão situados muitos imóveis de grande valor histórico.

Desses imóveis pré-selecionados, a partir de uma avaliação visual, foram destacados aqueles em pior estado de conservação. Isto facilitou os levantamentos de prospecção necessários, reduzindo o tempo e os custos de execução.

Feito isto, foi pesquisado junto ao proprietário ou habitante da edificação e também junto ao IPHAN as edificações que já tinham um estudo prévio para intervenção, ou seja, aquelas que já possuíam junto a este órgão algum pedido ou projeto solicitando intervenção. Partiu-se da premissa que os que já possuíam alguma solicitação certamente estavam interessados na conservação da edificação. Isto possibilitou mais facilmente o acesso aos dados desses imóveis.

Foi dada preferência ao imóvel que já tinha o levantamento arquitetônico feito de forma digitalizada. Isto também reduziu o tempo empregado com os levantamentos arquitetônicos necessários e suas digitalizações, pois caso alguma dessas edificações ainda não tivesse o levantamento arquitetônico feito, deveria ser pesquisado junto ao proprietário se ele estaria interessado em fazê-lo, com ele custeando as despesas necessárias a este levantamento, já que tais serviços são bastante dispendiosos. A anuência e o comprometimento do proprietário tornam mais viáveis os estudos necessários.

Foram selecionadas três dessas edificações inseridas no núcleo histórico, por se entender ser quantidade significativa e suficiente de amostras para validar a proposta, já que os dados se tornam repetitivos, mesmo para edificações distintas. Estas foram selecionadas na seguinte ordem de escolha:

- 1- Imóvel que estivesse inserido no eixo tronco;
- 2- Imóvel que estivesse em pior estado de conservação;
- 3- Imóvel que já possuísse levantamento arquitetônico digitalizado;
- 4- Imóvel que já estivesse sendo submetido à intervenção;
- 5- Imóvel que seria submetido à intervenção ainda em 2009;
- 6- Imóvel que o proprietário estivesse disposto a autorizar o trabalho.

5.2 - Identificação dos imóveis

A identificação dessas edificações foi através de registros do endereço completo e fotográfico. Eles foram identificados por números. Foi solicitada uma autorização ao proprietário para o estudo e a divulgação desse material, conforme modelo da figura 19. Isto, para evitar problemas futuros que possam advir da divulgação desse material.

<p>Ouro Preto, _____ de fevereiro de 2009</p> <p style="text-align: center;">AUTORIZAÇÃO</p> <p>Eu, _____, portador do documento de identidade _____, autorizo o Sr. Sylvio Nelson Mariano da Motta, engenheiro civil, mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, a realizar os estudos necessários no imóvel situado no endereço abaixo discriminado, de minha propriedade, para caracterização dos processos construtivos, englobando levantamento arquitetônico e fotográfico e prospecções necessárias.</p> <p>Autorizo, também, que ele tenha acesso aos projetos disponíveis junto ao IPHAN.</p> <p>Este trabalho visa única e exclusivamente dissertação de mestrado na área de construção civil da UFSC.</p> <p>Endereço do imóvel:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <hr/> <p style="text-align: center;">Assinatura do proprietário</p>

Figura 19: Modelo de autorização

5.3 - Levantamento de dados dos imóveis

Foram elaboradas fichas para auxiliar o trabalho de levantamento de dados dos imóveis. Cada imóvel tem uma ficha catalográfica com dados mais relevantes, conforme figura 20 e outra com levantamento de danos existentes e suas prováveis causas, conforme figura 21, que foram preenchidas quando da vistoria preliminar do mesmo. As fichas dos imóveis avaliados 1 e 2 encontram-se nos anexos I, II, VII e VIII, já as do imóvel 3 encontram-se no capítulo 6, a seguir..

Ficha de Levantamento Cadastral de Imóveis		Identificação:			
Levantamento Preliminar					
Endereço:	Logradouro:	Nº Compl.:			
	Bairro:	Zona:	Uso:		
	Município:	CEP:			
Evento	Tipo de negócio	Informação			
	<input type="checkbox"/> Reforma <input type="checkbox"/> Restauro <input type="checkbox"/> Reconstrução	Informante:			
	Ocupação original	Data:			
	<input type="checkbox"/> Residência <input type="checkbox"/> Comércio <input type="checkbox"/> Outra	Telefone:			
	Ocupação atual ou proposta				
	<input type="checkbox"/> Residência <input type="checkbox"/> Comércio <input type="checkbox"/> Hospedagem <input type="checkbox"/> Outra <input type="checkbox"/> Não ocupado (atual)				
Unidade:	Imóvel	Tipo de telhas da cobertura	Áreas		
	<input type="checkbox"/> Casa isolada	<input type="checkbox"/> Cerâmica	Terreno: _____ m ²		
	<input type="checkbox"/> Casa geminada	<input type="checkbox"/> Fibrocimento	Construída: _____ m ²		
		<input type="checkbox"/> Metálica	Taxa Ocupação: _____ %		
	Há levantamento dimensional:	<input type="checkbox"/> Outras	Coef. Aproveitamento: _____		
	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não				
	Inserção	Situação aparente da unidade:	Equipamentos		
	<input type="checkbox"/> Imóvel tombado Isolado	<input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Reg <input type="checkbox"/> Ruim	<input type="checkbox"/> Elétrica aparente		
	<input type="checkbox"/> Conjunto tombado	<input type="checkbox"/> Conservação	<input type="checkbox"/> Elétrica embutida		
	<input type="checkbox"/> Sítio histórico	<input type="checkbox"/> Insolação	<input type="checkbox"/> Interfone		
	<input type="checkbox"/> Ventilação	<input type="checkbox"/> Água fria			
	<input type="checkbox"/> Cobertura	<input type="checkbox"/> Água quente			
Idade do imóvel:		<input type="checkbox"/> Esgoto Sanitário			
Aparente: _____ anos					
Real: _____ anos					
	Há algum registro de danos graves (incêndios, colapsos etc.):				
	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não há registro		Qual (sim)		
	Composição da unidade	Quantidade de:			
<input type="checkbox"/> Pavimentos	<input type="checkbox"/> Área de serviço	<input type="checkbox"/> Portas externas			
<input type="checkbox"/> Salas	<input type="checkbox"/> Sacadas	<input type="checkbox"/> Portas internas			
<input type="checkbox"/> Dormitórios	<input type="checkbox"/> Cozinha	<input type="checkbox"/> Janelas externa			
<input type="checkbox"/> Sanitários	<input type="checkbox"/> Outros cômodos	<input type="checkbox"/> Janelas interna	<input type="checkbox"/> Edícula		
Conservação:	Estado de conservação	4 Muito bom	3 Bom	2 Regular	1 Ruim
	Fachadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Estrutura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Cobertura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Fundação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Janelas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Portas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Interior	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Intervenção necessária	3 Reparos Simples	2 Reparos Importantes	1 Reconstrução		
Fachadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estrutura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cobertura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fundação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Janelas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Portas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Interior	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Existe alguma intervenção facilmente detectável	2 Sim	1 Não			
Fachadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estrutura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cobertura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fundação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Janelas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Portas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Interior	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Observações:	A fachada principal está muito mais conservada que a fachada dos fundos. O imóvel encontrava-se fechado há mais de 15 anos.				
O imóvel foi vistoriado ?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Responsável p/vistoria:	_____		

Figura 20: Ficha cadastral de levantamento preliminar de dados de imóvel histórico

Fonte: Sisdat Sistema de Informações Imobiliárias
Ficha de Casas Adaptada

Ficha de Levantamento Cadastral de Imóveis		Identificação:			
Levantamento de Danos					
Endereço:	Logradouro:	Nº Compl.:			
	Bairro:	Zona:	Uso:		
	Município:	CEP:			
Evento	Existe algum dano facilmente detectável		Assinalar com "x" se SIM		
	<input type="checkbox"/> Cobertura	<input type="checkbox"/> Fachadas	<input type="checkbox"/> Janelas	<input type="checkbox"/> Paredes do interior	
	<input type="checkbox"/> Estrutura	<input type="checkbox"/> Alvenaria	<input type="checkbox"/> Portas	<input type="checkbox"/> Pintura	
	<input type="checkbox"/> Fundação	<input type="checkbox"/> Revestimento	<input type="checkbox"/> Piso		
Danos detectados	Cobertura			Paredes de alvenaria	Esquadrias
	<input type="checkbox"/> Deformação anormal	<input type="checkbox"/> Telhas deslocadas ou fraturadas	<input type="checkbox"/> Madeira com podridão	<input type="checkbox"/> Deformação anormal	<input type="checkbox"/> Madeira com podridão
	<input type="checkbox"/> Madeira com insetos	<input type="checkbox"/> Outros	<input type="checkbox"/> Esmagamento	<input type="checkbox"/> Presença de manchas	<input type="checkbox"/> Madeira com insetos
	<input type="checkbox"/> Outros		<input type="checkbox"/> Fendas, rachaduras e trincas	<input type="checkbox"/> Fendas, rachaduras e trincas	<input type="checkbox"/> Empeno excessivo
	<input type="checkbox"/> Madeira com podridão	<input type="checkbox"/> Madeira com insetos	<input type="checkbox"/> Desaprumo	<input type="checkbox"/> Desaprumo	<input type="checkbox"/> Oxidação
	<input type="checkbox"/> Esmagamento	<input type="checkbox"/> Desaprumo	<input type="checkbox"/> Fendas, rachaduras e trincas	<input type="checkbox"/> Esmagamento	<input type="checkbox"/> Outros
	<input type="checkbox"/> Deslocamento assentado	<input type="checkbox"/> Desagregação	<input type="checkbox"/> Deslocamento assentado	<input type="checkbox"/> Desagregação	<input type="checkbox"/> Outros
	<input type="checkbox"/> Desagregação	<input type="checkbox"/> Outros	<input type="checkbox"/> Desagregação	<input type="checkbox"/> Desagregação	<input type="checkbox"/> Outros
	<input type="checkbox"/> Outros		<input type="checkbox"/> Outros	<input type="checkbox"/> Outros	<input type="checkbox"/> Outros
	<input type="checkbox"/> Madeira com podridão	<input type="checkbox"/> Madeira com insetos	<input type="checkbox"/> Esmagamento	<input type="checkbox"/> Desaprumo	<input type="checkbox"/> Manchas
	<input type="checkbox"/> Esmagamento	<input type="checkbox"/> Desaprumo	<input type="checkbox"/> Deslocamento acentuado	<input type="checkbox"/> Deslocamento de placas	<input type="checkbox"/> Descascamento
	<input type="checkbox"/> Desaprumo	<input type="checkbox"/> Deslocamento acentuado	<input type="checkbox"/> Desagregação	<input type="checkbox"/> Desagregação	<input type="checkbox"/> Eflorescência
<input type="checkbox"/> Deslocamento acentuado	<input type="checkbox"/> Desagregação	<input type="checkbox"/> Abatimento	<input type="checkbox"/> Outros	<input type="checkbox"/> Outros	
<input type="checkbox"/> Desagregação	<input type="checkbox"/> Abatimento	<input type="checkbox"/> Outros		<input type="checkbox"/> Piso	
<input type="checkbox"/> Outros	<input type="checkbox"/> Outros			<input type="checkbox"/> Desnívelamento	
<input type="checkbox"/> Outros				<input type="checkbox"/> Madeira com podridão	
<input type="checkbox"/> Outros				<input type="checkbox"/> Madeira com insetos	
<input type="checkbox"/> Outros				<input type="checkbox"/> Rachaduras e trincas	
<input type="checkbox"/> Outros				<input type="checkbox"/> Abatimento	
<input type="checkbox"/> Outros				<input type="checkbox"/> Outros	
Causas prováveis dos danos	Principais prováveis causas			<input type="checkbox"/> Carregamento excessivo	
	<input type="checkbox"/> Umidade ascendente	<input type="checkbox"/> Umidade pela cobertura	<input type="checkbox"/> Outras umidades	<input type="checkbox"/> Impermeismo	
	<input type="checkbox"/> Sismos	<input type="checkbox"/> Intervenção inadequada	<input type="checkbox"/> Falta de manutenção	<input type="checkbox"/> Falta de ventilação	
	<input type="checkbox"/> Falta de manutenção	<input type="checkbox"/> Alteração do uso		<input type="checkbox"/> Outros	
	<input type="checkbox"/> Alteração do uso				
Observações:					
O imóvel foi vistoriado? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Responsável p/vistoria: _____					

Figura 21: Ficha cadastral de levantamento de danos de imóvel histórico
 Fonte: Sisdat Sistema de Informações Imobiliárias
 Ficha de Casas Adaptada

5.4 - Levantamento fotográfico

Foram tiradas fotos de vários cômodos da edificação, das fachadas e coberturas. Cada foto foi identificada com o respectivo local e processo construtivo empregado. Além do relatório fotográfico do imóvel 3 apresentado no capítulo 6, a seguir, os dos imóveis 1 e 2 estão colocados nos anexos III e IX.

5.5 - Levantamento arquitetônico

Como citado anteriormente, foi dada prioridade a imóveis que já possuíam o levantamento digitalizado, que foi solicitado a cada proprietário. Os desenhos foram colocados cada um em uma folha para facilitar a leitura e o entendimento. Nos anexos IV e X encontram-se dados dos imóveis 1 e 2 respectivamente. As do imóvel 3 estão no capítulo 6, a seguir.

5.6 - Identificação do processo construtivo e materiais empregados

A identificação de cada processo construtivo empregado, bem como dos respectivos materiais, foi feita apenas de forma visual. Como os imóveis se encontravam bastante degradados, não foi necessário fazer prospecção. Apenas onde não for possível a identificação direta é que deve ser feita a prospecção.

Não foram feitos ensaios específicos para caracterização de cada material, por julgar não ser necessário para este trabalho e também porque o tempo não seria suficiente.

5.7 - Correlação do material empregado com o respectivo local

Após a identificação de cada material construtivo empregado no respectivo elemento constitutivo da edificação, foram preenchidas 2 (duas) fichas com esta correlação, uma para a edificação propriamente dita e outra para as instalações prediais. As figuras 22 (a) e 22 (b) mostram os modelos das fichas desenvolvidas para o preenchimento dos dados de modo a permitir a correlação entre os materiais e o local de aplicação. As fichas do imóvel 3 são apresentadas no capítulo 6, a seguir; as dos imóveis 1 e 2 estão colocados nos anexos V, VI, XI e XII..

CARACTERIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES			IMÓVEL:									
	LOCAL	MATERIAIS										
		Metálico	PVC	Tecido	Plástico	Cobre	Alumínio	Chumbo	Ferro fundido	Ferro galvanizado	Cerâmica	
INSTALAÇÕES	Elétricas	Eletroduto										
		Fiação										
	Fiação	Capramento										
		Condutores										
	Hidráulicas	Água Fria										
		Água Quente										
	Sanitária	Primária										
		Secundária										

Figura 22 (b): Ficha de caracterização das instalações com a correlação do material empregado

5.8 - Criação de um banco de dados

Preenchidas as fichas, foi gerado um banco de dados para possibilitar a definição de diretrizes capazes de orientar os responsáveis pelas intervenções nos imóveis de maneira que sejam mantidas as características construtivas das edificações tombadas pelo patrimônio histórico.

Neste banco de dados constam, além das fichas acima referenciadas, uma tabela indicativa do material empregado e de algumas fontes bibliográficas que poderão ser consultadas para os ensaios de caracterização, Anexo XIII.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos três imóveis selecionados, dois estão no caminho tronco da parte histórica de Ouro Preto, sendo um no centro, um no bairro Rosário e o outro no distrito de Cachoeira do Campo, no sítio histórico do entorno da Igreja Matriz Nossa Senhora de Nazaré. A fachada principal de cada um é mostrada nas figuras 23 (a), (b) e (c).



(a)



(b)



(c)

Figura 23: (a) Imóvel 1; (b) Imóvel 2; (c) Imóvel 3

Pode-se verificar, através da comparação entre a figura 23 (c) e figura 24, que o imóvel 3 já sofreu alterações góticas, descaracterizando-o completamente, ao ponto de parecer outro imóvel.



Figura 24: Fachada antiga do imóvel 3 na década de 70

Fonte: Monique Roni Rampinelli, proprietária do imóvel.

Geralmente, as intervenções são feitas sem ao menos um croqui do que se deseja e sem o mínimo conhecimento do processo construtivo. A escolha da intervenção correta depende do conhecimento do processo construtivo empregado, da função de cada elemento componente, das condições de exposição e do tipo de material utilizado, além do estado de conservação da edificação. Não se deve fazer uma intervenção sem ter o conhecimento do processo construtivo empregado.

Grande parte dos imóveis históricos está em péssimo estado de conservação. A falta de manutenção nos imóveis tem como consequência o surgimento de patologias diversas. A mais significativa está relacionada com a presença de umidade, principalmente por danos na cobertura.

Para não descaracterizar os imóveis, seria mais recomendado o uso de materiais originais, como por exemplo, a cal, pelo menos nos revestimentos, e a terra nas paredes de pau-a-pique e de adobe.

O relatório com os resultados obtidos para o imóvel 3 se encontram a seguir. Os demais se encontram nos anexos I a XII.

Levantamento de danos do imóvel 3

Ficha de Levantamento Cadastral de Imóveis		Identificação: Imóvel 152	
Levantamento de Danos			
Endereço	Logradouro: Padre Afonso de Lemos		N.º Compl.: 152
	Bairro: Centro	Zona:	Uso: Comercial
	Município: Ouro Preto	Distrito: Cachoeira do Campo	CEP: 35.410-000
Evento	Existe algum dano facilmente detectável 2 Sim 1 Não		
	<input checked="" type="checkbox"/> Cobertura	<input checked="" type="checkbox"/> Fachadas	<input checked="" type="checkbox"/> Janelas
	<input checked="" type="checkbox"/> Estrutura	<input checked="" type="checkbox"/> Alvenaria	<input checked="" type="checkbox"/> Portas
	<input checked="" type="checkbox"/> Fundação	<input checked="" type="checkbox"/> Revestimento	<input checked="" type="checkbox"/> Piso
Danos detectados	Cobertura	Paredes de alvenaria	Esquadrias
	<input type="checkbox"/> Deformação anormal	<input checked="" type="checkbox"/> Deformação anormal	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com podridão
	<input checked="" type="checkbox"/> Telhas deslocadas ou fraturadas	<input checked="" type="checkbox"/> Presença de manchas	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com insetos
	<input type="checkbox"/> Madeira com podridão	<input checked="" type="checkbox"/> Fendas, rachaduras e trincas	<input type="checkbox"/> Empeno excessivo
	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com insetos	<input checked="" type="checkbox"/> Desaprumo	<input checked="" type="checkbox"/> Oxidação
	<input checked="" type="checkbox"/> Outros Manchas de umidade	<input type="checkbox"/> Esmagamento	<input type="checkbox"/> Outros
	Estrutura	<input checked="" type="checkbox"/> Desagregação	Pintura
	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com podridão	<input type="checkbox"/> Presença de vegetação	<input checked="" type="checkbox"/> Manchas
	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com insetos	<input type="checkbox"/> Outros	<input checked="" type="checkbox"/> Descascamento
	<input type="checkbox"/> Esmagamento	Revestimento	<input type="checkbox"/> Eftiorescência
	<input checked="" type="checkbox"/> Desaprumo	<input checked="" type="checkbox"/> Presença de manchas	<input checked="" type="checkbox"/> Outros Bolor
	<input checked="" type="checkbox"/> Fendas, rachaduras e trincas	<input checked="" type="checkbox"/> Descolamento de placas	Piso
<input checked="" type="checkbox"/> Deslocamento assentado	<input checked="" type="checkbox"/> Desagregação	<input checked="" type="checkbox"/> Desnívelamento	
<input checked="" type="checkbox"/> Desagregação	<input type="checkbox"/> Outros	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com podridão	
<input type="checkbox"/> Outros	Fundação	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com insetos	
<input type="checkbox"/> Madeira com podridão	<input type="checkbox"/> Deslocamento assentado	<input checked="" type="checkbox"/> Rachaduras e trincas	
<input type="checkbox"/> Madeira com insetos	<input type="checkbox"/> Desagregação	<input checked="" type="checkbox"/> Abatimento	
<input type="checkbox"/> Esmagamento	<input type="checkbox"/> Abatimento	<input type="checkbox"/> Outros	
<input type="checkbox"/> Desaprumo	<input type="checkbox"/> Outros		
Causas prováveis dos danos	Principais prováveis causas		
	<input checked="" type="checkbox"/> Umidade ascendente	<input type="checkbox"/> Carregamento excessivo	
	<input checked="" type="checkbox"/> Umidade pela cobertura	<input checked="" type="checkbox"/> Intemperismo	
	<input checked="" type="checkbox"/> Outras umidades	<input checked="" type="checkbox"/> Falta de ventilação	
	<input checked="" type="checkbox"/> Sismos	<input type="checkbox"/> Outros	
	<input checked="" type="checkbox"/> Intervenção Inadequada		
	<input checked="" type="checkbox"/> Falta de manutenção		
<input checked="" type="checkbox"/> Alteração do uso			
Observações:			
O imóvel está com a estrutura do assoalho completamente danificada, fator esse que ocasionou vários danos ao restante do imóvel.			
São alguns destes danos: o abatimento do assoalho e consequentemente das paredes, causando fortes trincas e perdas localizadas do reboco.			
O imóvel foi vistoriado? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Responsável p/vistoria: Thales da M. Baião / Sylvio N. M.da Motta			

Registro fotográfico do imóvel 3



Foto 1: Fachada Principal



Foto 2: Fachada lateral esquerda e dos fundos



Foto 3: Detalhe do piso interno do 1º Pav.



Foto 4: Detalhe do forro do 1º Pav.



Foto 5: Vista interna do pav. térreo



Foto 6: Vista interna do 1º pav.com intervenção

Fotos 1 a 6: Registros do imóvel 3

Fonte: Thales da Motta Baião



Foto 7: Vista interna do 1º pav. com intervenção



Foto 8: Vista interna do 1º pav. com intervenção



Foto 9: Hall de entrada do porão

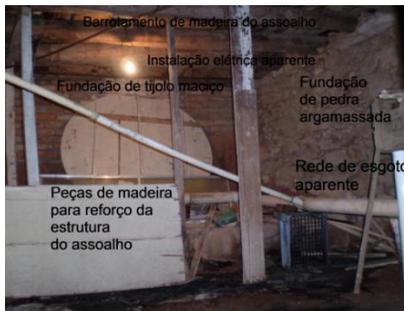


Foto 10: Detalhes do porão - reforço



Foto 11: Detalhes do porão - reforço



Foto 12: Uma das vigas do assoalho degradada

Fotos 7 a 12: Registros do imóvel 3

Fonte: Thales da Motta Baião



Foto 13: Outra viga do assoalho degradada



Foto 14: Vista interna do pav.térreo



Foto 15: Fachada lateral direita



Foto 16: Fachada lateral direita

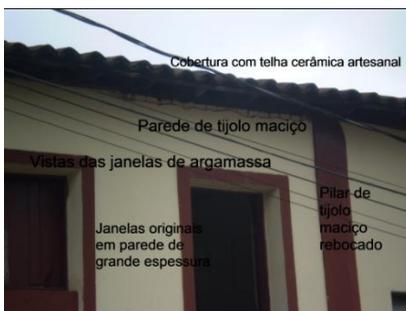


Foto 17: Detalhe da fachada lateral esquerda



Foto 18: Estrutura do telhado

Fotos 13 a 18: Registros do imóvel 3

Fonte: Fonte: Thales da Motta Baião



Foto 19: Forro visto por cima (sob o telhado)



Foto 20: Detalhes da parede de pau-a-pique vista por cima (sob o telhado)



Foto 21: Detalhes da fachada lateral direita



Foto 22: Prospecção em parede do pav. térreo



Foto 23: Prospecção em parede do 1º pav.

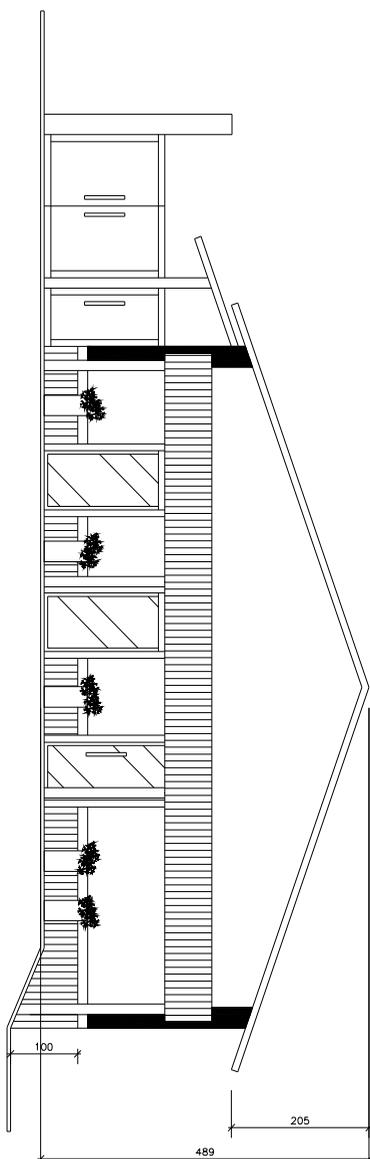


Foto 24: Detalhe do forro do 1º Pav

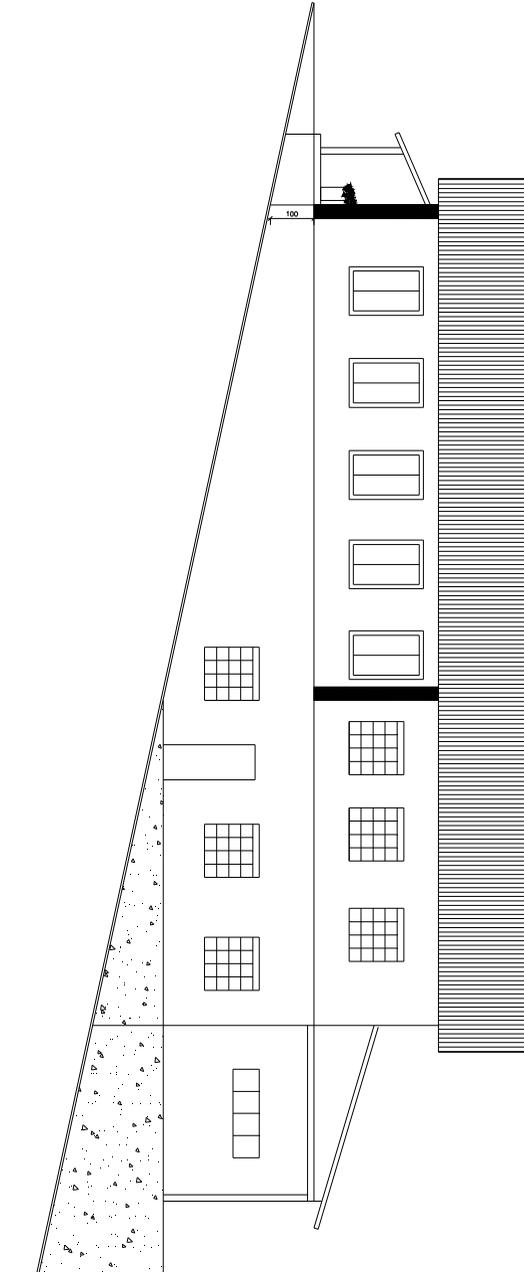
Fotos 19 a 24: Registros do imóvel 3

Fonte: Fonte: Thales da Motta Baião

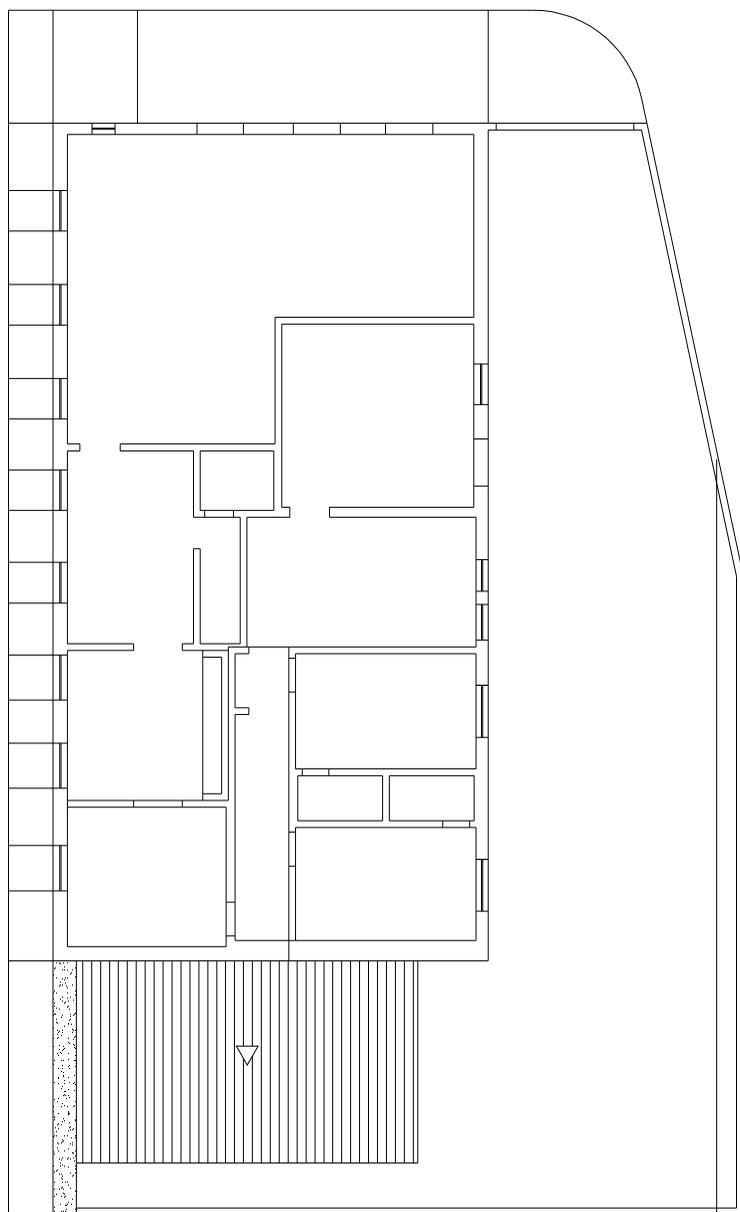
Levantamento arquitetônico do imóvel 3



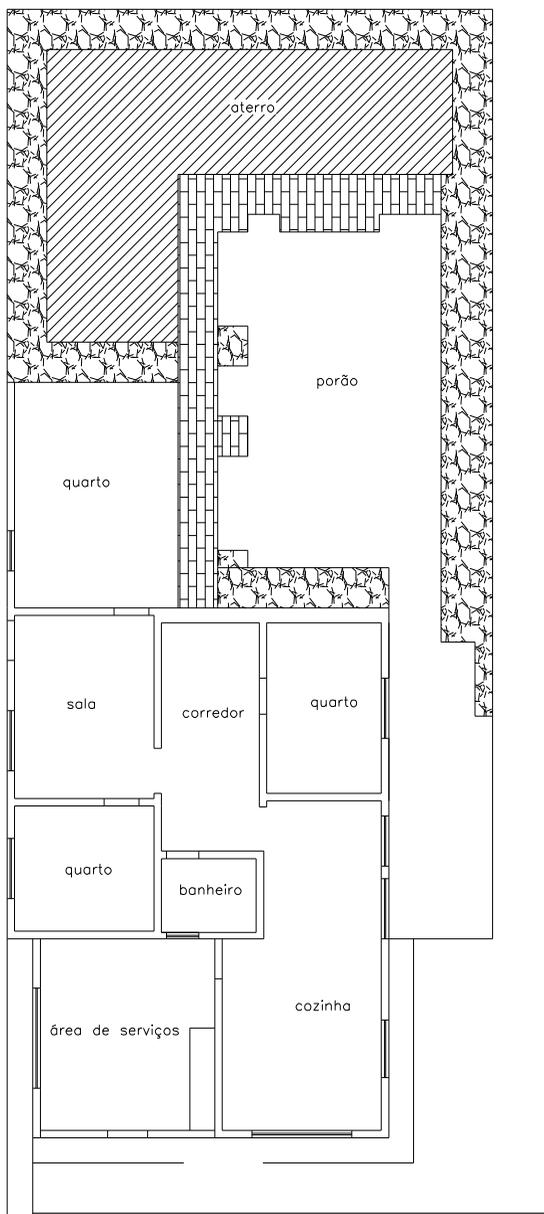
FACHADA PRINCIPAL



FACHADA LATERAL ESQUERDA



PLANTA BAIXA - PADARIA



PLANTA BAIXA – PORÃO

Relação das instalações da edificação com o respectivo material empregado do imóvel 3

RELAÇÃO DAS INSTALAÇÕES COM OS RESPECTIVOS MATERIAIS EMPREGADOS IMÓVEL: 3

		Metálico	PVC	Tecido	Plástico	Cobre	Alumínio	Chumbo	Ferro Fundido	Ferro Galvanizado	Cerâmica
Elétricas	Eletroduto										
	Fiação										
Fiação	Capreamento										
	Condutores										
Hidráulicas	Água Fria										
	Água Quente										
Sanitária	Primária										
	Secundária										

6.1 - RECOMENDAÇÕES PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Alguns pontos a serem destacados quando da realização dos trabalhos foram observados e estão ressaltados a seguir.

6.1.1 - Criação de banco de dados de imóveis

O banco de dados de imóveis que necessitam de reparos ou reforma na cidade de Ouro Preto pode ser facilmente obtido junto à Prefeitura Municipal ou mesmo junto ao escritório do IPHAN em Ouro Preto. A Prefeitura Municipal, com o objetivo de restaurar as características históricas e artísticas das edificações pertencentes ao patrimônio tombado, seleciona por editais, através do Programa Monumenta, os proprietários que se candidatem a ter seus imóveis restaurados (Figura 25).

PREFEITURA MUNICIPAL DE OURO PRETO
 CONVÊNIO 039/2000 – PROGRAMA MONUMENTA
 (Unidade Executora de Projeto – Ouro Preto – Minas Gerais)



RESULTADO DE JULGAMENTO
 EDITAL DE SELEÇÃO DE IMÓVEIS PRIVADOS 001/2008

O Município de Ouro Preto torna público através da Comissão Especial de Seleção – CES o resultado da classificação do Edital de Seleção 001/2008, cujo objeto é a seleção de Imóveis Privados situados na área de projeto do Programa Monumenta para fins de obtenção de financiamento para recuperação e restabelecimento das características históricas e artísticas conforme quadro abaixo. Ouro Preto, 08/10/2008.

Classificação	Proponente	Endereço do Imóvel	Total de Fontos
1º	Maria José Alves dos Santos	Rua Xavier da Veiga, 179 - Centro	10
2º	Paulo Efigênia da Silva	Rua Xavier da Veiga, 47 - A. Dias	10
3º	José Carlos Lopes	Rua dos Paulistas, 136 - A. Dias	10
4º	Geraldo Vitor Cotta	Rua Alvarenga, 58 - Cabeças	10
5º	Eunice Ferreira	Rua Dr. João Veloso, 93 - Alto da Cruz	8
6º	Eva do Rosário de Carvalho	Rua Santa Efigênia, 270 - A. Dias	8
7º	Carlos Magno de Souza Paiva	Rua Bernardo de Vasconcelos, 151 - A. Dias	8
8º	Maria Madalena Oprissu	Rua Alvarenga, 149 - Cabeças	8
9º	Maria das Mercês Pompeia	Rua Rodrigo Silva, 36 - Vila Aparecida	8
10º	Anna Maria de Grammont M. de Araújo	Rua Cláudio Manoel, 96 - Centro	8
11º	Ione Martins Villela Penna	Rua Cláudio Manoel, 22/26 - Centro	8
12º	Ivete Martins Villela	Rua Henrique Adeodato, 139 - Rosário	8
13º	Maça do Pilar Faria Penna	Pça Monsenhor Castilho Barbosa, 31 - Pilar	8
14º	Neilson Orsini Garcia do Carmo	Rua Alvarenga, 733 - Cabeças	8
15º	Lúcia Maria da Costa Simões Gobbi	Rua Getúlio Vargas, 94 - Centro	6
16º	Maria de Lourdes Marques Lana	Rua Bernardo de Vasconcelos, 113 - A. Dias	6
17º	Suely Maria Perucci Esteves	Rua Alvarenga, 370 - Cabeças	6
18º	Maria do Carmo Cardoso Rodrigues	Rua do Pilar, 130 - Pilar	6
19º	Maria José Silveira Aragão Gesteira	Rua Paraná, 142 - Centro	6
20º	Ilza Maria de Oliveira Perdigão	Rua Pandiá Calógeras, 59 - Barra	6
21º	Vânia Maria Joana de Carvalho	Rua Conselheiro Quintiliano, 360 - Lajes	6
22º	Maria Nazareth Gonçalves Lima	Rua Conde de Bobadela, 153	6
23º	Edinéia Araújo Barbosa	Ladeira Santa Efigênia, 49 - A. Dias	6
24º	Márcia Maria José M. de Oliveira de A. Odório	Rua Brigadeiro Musgueiro, 66 - Centro	6
25º	Rosa de Lima Barbosa Leite	Rua Xavier da Veiga, 65 - Centro	4
26º	Daniel Hamer Drummond	Rua Getúlio Vargas, 136 - Rosário	4
27º	Rasmire Valarini	Rua Costa Sena, 285 - Centro	4
28º	Gabriel Márcio Nahim Trópia	Rua Conde de Bobadela, 42 - Centro	4
29º	Anaide Soares Guimarães	Rua Senador Rocha Lagos, 117 - Centro	4
30º	Paulo Antônio de Souza	Rua Barão do Ouro Branco, 58 - A. Dias	4
31º	Mariélia Abdo Freitas Marteleto	Rua senador Rocha Lagos, 159/167 - Centro	4


 Wanderson José Kolla Gomes
 Presidente da CES


 Ângelo Oswaldo de Araújo Santos
 Prefeito de Ouro Preto

Figura 25: Listagem de proprietários e imóveis contemplados em edital
 Fonte: Prefeitura Municipal de Ouro Preto

6.1.2 - Seleção de imóveis a serem pesquisados

A partir da lista apresentada anteriormente fica fácil selecionar os imóveis que sofrerão intervenção. Através de análise visual são selecionados os em pior situação de deterioração para serem levantados. Porém, no caso desta pesquisa, os imóveis selecionados não constam desta lista. Eles foram selecionados diretamente através dos proprietários que mantiveram contato com este pesquisador para análise e proposta de intervenção. Isto facilitou o trabalho.

6.1.3 - Levantamento arquitetônico

No caso de imóveis que ainda não possuem levantamentos feitos, estes deverão ser feitos para efeito de cadastro e futuros estudos. Quando já há o levantamento feito, se faltam dimensões, o cadastro deve ser verificado. O péssimo estado de conservação de muitos desses imóveis, porém, pode colocar em risco a integridade física das pessoas que irão fazer tais levantamentos devido às condições de segurança. O uso de instrumentos como estação total, esquadro eletrônico, nível eletrônico e trena eletrônica facilitam o trabalho.

No caso em estudo, apenas o imóvel 1 teve o levantamento arquitetônico feito com uma estação total (Figura 26). Além de tudo, ela auxilia no mapeamento dos danos aparentes, como pode ser visto no relatório do imóvel 1 no anexo IV. Os demais levantamentos arquitetônicos do imóvel 2 podem ser vistos no anexo IX. Os do imóvel 3 já foram mostrados anteriormente.



(a)



(b)

Figura 26: (a) Conjunto estação total, maleta de transporte, tripé e mira; (b) Estação total

6.1.4 - Identificação do processo construtivo

Nos casos em que o processo construtivo não for facilmente identificável de forma direta, deve ser feita a prospecção. Nestes casos, deverão ser feitas prospecções em pontos variados da edificação, a serem definidos “in loco”, para identificação dos processos construtivos e materiais empregados. Muitas vezes, pontos com trincas significativas podem ser aproveitados para a prospecção e coleta de materiais para análises de caracterização (Figura 27). Feita a prospecção, cada ponto deverá ser catalogado e fotografado para futuros estudos. Também deverá ser feita a correlação do processo construtivo e do material empregado com o respectivo local.

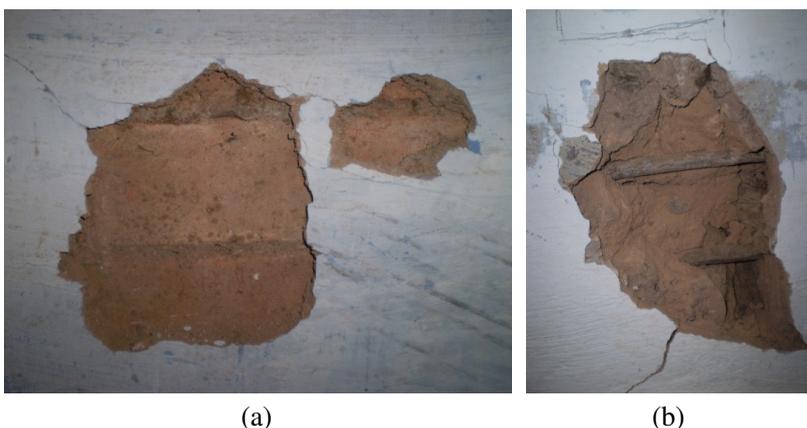


Figura 27: (a) Prospecção em parede de tijolo maciço; (b) Prospecção em parede de pau-a-pique onde já havia trinca

Para as argamassas, deverão ser feitos furos de no máximo 10 cm x 10 cm, até a profundidade suficiente para identificação de cada material construtivo empregado. Esses furos devem ser feitos com talhadeira ou ponteiro e marreta de 1 ou 2 kg. Podem ser empregadas também máquinas elétricas, como furadeira e serra mármore, para facilitar os trabalhos. Após a identificação necessária, os furos deverão ser cobertos com argamassa de cal e areia na proporção 1:3 (MOTTA, 2004). Este processo também possibilita a identificação do tipo de parede e de estrutura e também podem ser aproveitados pontos com trincas significativas para tal.

Para as camadas de pintura, conforme experiência deste pesquisador, a prospecção deve ser feita cuidadosamente com retirada das camadas de aproximadamente 5 cm x 5 cm e profundidade variada de acordo com o número de camadas encontradas, deixando sempre o testemunho de cada camada no local e fazendo o devido registro catalográfico. A remoção das camadas pode ser feita com uso de bisturi cirúrgico ou outro material cortante. É indicada a limpeza de cada camada com algodão envolto em haste flexível ou outro material macio que não danifique a camada, como por exemplo tecido flanelado.

No caso de estruturas, além da prospecção, podem ser feitos outros ensaios, como a Termografia Infravermelha e o ultrassom, conforme ensaios realizados por Kandemir-Yucel, Tavukçuoglu e Caner-Saltik (2006). No caso de madeiras, um ensaio simples e rápido pode ser feito com o uso de um martelo do tipo quebra gelo para ver a profundidade da deterioração. Porém, todo e qualquer ensaio a ser realizado deve levar em consideração as condições de segurança da estrutura.

6.1.5 - Elaboração de planilhas de dados

A elaboração prévia de planilhas com dados cadastrais do imóvel, com danos facilmente visíveis, com os elementos construtivos possivelmente empregados e com ensaios existentes torna o trabalho de pesquisa mais confortável e seguro. Isto agiliza a execução dos trabalhos.

7 CONCLUSÕES

Este trabalho mostrou que já existe um banco de dados com relação de imóveis de valor histórico que necessitam de reparos ou reforma no centro histórico da cidade de Ouro Preto, que é usado pelos órgãos competentes que, através de editais, com financiamento pelo programa Monumenta, já vem fazendo os levantamentos e cadastro dos imóveis e seus proprietários. O resultado destes editais é público e está disponível no escritório do programa Monumenta na prefeitura municipal e também no escritório do IPHAN de Ouro Preto, que é o órgão competente para aprovar os projetos de reforma e restauro dos imóveis. Este banco de dados facilita a seleção de imóveis a serem pesquisados. Uma análise visual dos imóveis já define o grau de prioridade de intervenção. A prioridade é para os em pior estado de conservação.

O registro fotográfico das edificações auxilia na identificação dos elementos constitutivos e possibilita o arquivo memorial dessas edificações para estudos e intervenções futuras. A análise de fotos muitas vezes nos revela dados altamente relevantes, tanto nos aspectos arquitetônicos quanto nos dos elementos e processos construtivos. Os relatórios fotográficos se encontram nos anexos III – Imóvel 1, anexo IX – Imóvel 2 além do relatório fotográfico do Imóvel 3, já mostrado anteriormente.

A elaboração de planilhas para análises e levantamentos preliminares dos imóveis mostrou-se bastante eficaz, facilitando e agilizando o trabalho de campo, bem como a elaboração do relatório final de avaliação do imóvel. Isto, porque, como os imóveis têm geralmente as mesmas características construtivas por estarem inseridos em áreas tombadas pelo patrimônio histórico, os levantamentos se tornam semelhantes e, conseqüentemente repetitivos, exceto para os levantamentos arquitetônicos. As fichas com levantamentos de dados construtivos preliminares do imóvel 3 já foram mostradas anteriormente. Já as dos imóveis 1 e 2 estão respectivamente nos anexos I e V. As fichas com levantamento de danos aparentes se encontram nos anexos II e VI, respectivamente para os imóveis 1 e 2. As do imóvel 3 já foram mostradas anteriormente. Planilhas com dados dos elementos construtivos e materiais empregados estão nos anexos V – imóvel 1 e anexo X – imóvel 2. As do imóvel 3 já foram citadas anteriormente. Já as planilhas com dados das instalações prediais e os materiais

empregados estão nos anexos VI – imóvel 1 e anexo XI – imóvel 2. Também as do imóvel 3 já foram citadas anteriormente.

O levantamento arquitetônico desses imóveis é muito trabalhoso e muitas vezes arriscado de se fazer. O uso de equipamentos de tecnologia avançada, como a estação total, agiliza os serviços e reduz os riscos do trabalho.

A tabela com os elementos construtivos empregados nas edificações e os respectivos ensaios de caracterização desses elementos, que se encontra no anexo XIX, ainda necessita ser mais apurada e enriquecida.

Após a pesquisa, podemos concluir que não existe um processo construtivo que seja o mais adequado para todos os tipos de edificação. Cada uma tem sua particularidade e esta tem que ser estudada e analisada antes de qualquer intervenção.

Os principais materiais que constituem os processos construtivos antigos de Ouro Preto são a pedra, a madeira, e a terra, porém muitas edificações possuem elementos construtivos diferentes destes, como tijolo cerâmico, bloco sílico aluminoso, concreto e aço, inclusive os imóveis objetos deste trabalho.

O uso de tabelas e fichas pré-prontas facilita o trabalho do vistoriador e agiliza os trabalhos de levantamento de dados dos imóveis.

RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

As edificações em piores condições de conservação, bem como as que já foram reformadas, na cidade de Ouro Preto, normalmente já se encontram catalogadas junto aos órgãos competentes.

Recomenda-se, a partir destes levantamentos e cadastros já realizados:

- I. O estudo pormenorizado desses imóveis, com os mesmos levantamentos feitos neste trabalho;
- II. A elaboração de um georreferenciamento dessas edificações, disponibilizando todos os dados possíveis sobre elas neste processo. Sugerimos um programa da Google (Maps ou Earth) para tal;
- III. Tentar elaborar um programa onde, ao se identificar o elemento construtivo empregado e marcá-lo em uma planilha, esta já disponibilize os ensaios cabíveis a serem feitos para uma perfeita caracterização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Elaboração de Projetos de Edificações – Atividades Técnicas** – NBR 13531/1995

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Elaboração de Projetos de Edificações – Arquitetura** - NBR 13532/1995

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Elaboração do “como construído” (*as built*) para edificações Parte 1: Levantamento planialtimétrico e cadastral de imóvel urbanizado com área até 25 000 m², para fins de estudos, projetos e edificação – Procedimento** NBR 14645-1/2000.

AL-KASSIR, A. Rahman; FERNANDEZ J.; TINAUT, F.V.; CASTRO F.; **Thermographic study of energetic installations**. Received 16 March 2004; accepted 21 June 2004. Available online 26 August 2004. Disponível em www.elsevier.com

AL-KASSIR, A. Rahman; MERINO J.C.; TINAUT, F.V.; **Estudio termográfico del Palacio de Santa Cruz de Valladolid, MONTAJES E INSTALACIONES**, 1995, pp. 57–61.

ALVAREZ, J.I. e outros. Methodology and validation of a hot hydrochloric acid attack for the characterization of ancient mortars. **Cement and Concrete Research**, n.29, p.1061-1065, 1999.

ANTONIL, André João. **Cultura e Opulência do Brasil**. Coleção Reconquista do Brasil 3. ed. Belo Horizonte: Itatiaia/Edusp, 1982.

BAPTISTA, Angélica. **Contributo para a reabilitação do Centro Histórico de Vila Nova de Gaia. A cor nos revestimentos de fachada**. Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Patrimônio e Turismo. Univ. Minho, Guimarães. 2004

BORGES, Alberto de Campos. **Prática das Pequenas Construções**. Ed. Edgard Blucher Ltda. v. 1 e 2.

BOUTH, Jorge Alberto Cardoso. **Estudo da Potencialidade da Produção de Tijolos de Adobe Misturado com Outros Materiais – Uma Alternativa de Baixo Custo para a Construção Civil.** Dissertação de Mestrado da Universidade Federal do rio Grande do Norte. 2005.

CALLEBAUT, e outros. Nineteenth century hydraulic restoration mortars in the Saint Michael's Church (Leuven, Belgium). Natural hydraulic lime or ciment? **Cement and Concret Research**, n. 31, p.397-403, 2001.

CANAL, Maria Fernanda. **O Restauro da Madeira: a técnica e a arte do restauro de madeira explicadas com rigor e clareza**, Lisboa Editorial Estampa, 1999.

CASTRO, Protasio F. **Barras de FRP: Avaliando o Módulo de Elasticidade não Destrutivamente.** , Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia, Depto de Engenharia Civil, Niterói, RJ, Polímeros: Ciência e Tecnologia - Abr/Jun - 97

COOPERATIVA de Habitação dos Agricultores Familiares do Paraná. **Curso de Capacitação de Técnicas Alternativas de Construção.** 2007.

CORRÊA, Andréa Aparecida Ribeiro; TEIXEIRA, Vitor Hugo; LOPES, Sebastião Pereira; OLIVEIRA, Marcelo Silva de; **Avaliação das Propriedades Físicas e Mecânicas do Adobe (Tijolo de Terra Crua) “Evaluation of physical and mechanical properties of adobe bricks”** (Recebido para publicação em 28 de abril de 2004 e aprovado em 1 de abril de 2005), Ciênc. agrotec., Lavras, v. 30, n. 3, p. 503-515, maio./jun., 2006

DETHIER, Jean. **Arquiteturas de terra, ou, o futuro de uma tradição milenar.** Europa Terceiro Mundo – Estados Unidos. 10ª Ed. Lisboa: Litografia Tejo, 1993 (Rio de Janeiro: Atlas editora. 208 p.)

DI MARCO, A. R. **“Pelos caminhos da terra”**. In: Revista Projeto, nº 65, p 47-59, jul. 1984.

FERNANDES, Francisco; LOURENÇO, Paulo B.; CASTRO, Fernando. **Caracterização de Tijolos Antigos.** LNEC, 2003. 3º ENCORE - Materiais e Técnicas de Conservação e de Reabilitação. Universidade do Minho / DEM, Guimarães. 2003

GARCIA de MIGUEL, J. Maria. – **Procesos de Degradación de la Piedra**, em: Procedimiento y técnicas constructivas del patrimonio, Vol 3, MRRP, Editorial Munilla-Lería. 1999

GLEIZE, P.J.P., SILVA, D.A., NAPPI, S. **Caracterização de revestimentos de argamassa do palácio Cruz e Souza de Florianópolis/SC**, In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa III, Espírito Santo, 1999. **Anais ...**, Espírito Santo: ANTAC, UFES – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, p.645-659, 1999.

GUIMARÃES, J.E.P. **A Cal: Fundamentos e aplicações na Engenharia Civil**. São Paulo, Editora PINI, p.21-30, 1998.

INTERNATIONAL Scientific Committee, 10th General Assembly, **Earthen Architecture, The Conservation of Brick and Earth Structures, A Handbook**, International Council on Monuments and Sites – ICOMOS, 1993

ICOMOS – International Council on Monuments and Sites. **Recomendações para a análise, conservação e restauro estrutural do patrimônio arquitetônico**. Tradução para Português por: Paulo B. Lourenço e Daniel V. Oliveira. Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil. 2004. Disponível em www.civil.uminho.pt/masonry

IPHAN. **Bens móveis e imóveis inscritos nos Livros do Tombo do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional**. Rio de Janeiro, Ministério da Cultura, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, XVII, 251 p, 4 ed, 1994.

IPHAN. **Sítios Urbanos Tombados em Ouro Preto**, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, 2002.

KANDEMIR-YUCEL, A.; TAVUKÇUOĞLU, A.; CANER-SALTIK, E.N. **In situ (avaliação) assessment of structural timber elements of a historic building by infrared thermography and ultrasonic velocity**. Middle East Technical University, Department of Architecture, Inonu Bulvari, 06531 Ankara, Turkey. Available online 20 July 2006. Disponível em www.sciencedirect.com

KLEIN, DL et al. **Metodologia para a recuperação de obras históricas**. In: V Congresso Iberoamericano de Patología de las Construcciones y VII Congreso de Control de Calidad – CONPAT99, 16 a 21 de outubro de 1999, Montevideú. Anais... , CONPAT, vol 3, 1999, p.1599 a 1606

LACET, Juliana Lemos. **Os rituais de morte nas irmandades de escravos e libertos: Vila Rica, século XVIII**. UFOP – ICHS, 2003.

LONGARAY, André Andrade, et. al. **Como Elaborar Trabalhos Monográficos em Contabilidade: Teoria e Prática**. São Paulo: Atlas, 2003.

LOURENÇO, P.B. **Aplicações das Recomendações ICOMOS Sobre Conservação de Estruturas Antigas: do Elemento Construtivo à Estrutura Global**. 2º Seminário A Intervenção no Patrimônio Histórico – Práticas de Conservação e Reabilitação. 2005.

LOURENÇO, Paulo B.; OLIVEIRA, Daniel V. **Repair of Stone Masonry Arch Bridges**. Arch Bridges - ARCH'04. P. Roca and E. Oñate (Eds). CIMNE, Barcelona, 2004

LUSO, Eduarda Cristina Pires. **Contribuição para Intervenções no Centro Histórico de Bragança**. Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil. Especialização em Materiais e Reabilitação da Construção. 2002.

MAGALHÃES, Marcelo Aldaher. **Resistência ao Arrancamento de Grampos com Fibras de Polipropileno**. Dissertação submetida ao corpo docente da coordenação dos programas de pós-graduação de engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em ciências em engenharia civil. UFRJ, Rio de Janeiro, 2005

MASCÁRELO, S.N.P.R. **Arquitetura no Brasil**. São Leopoldo. Editora Unisinos, 1982.

MATTARAIA, Regina Ângela & ACHCAR, Maria Letícia. **Argamassas de Revestimento para Terra Palha**. I Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis – Canela – RS. 1997.

MINKE, Gernot. **Manual de Construcción en Tierra**. La tierra como material de construcción y sus aplicaciones en la arquitectura actual. Uruguay: Nordan Comunidad, 1994.

MOHAMAD, G., LOURENÇO, P. B., ROMAN, H. R.. **Propriedades Mecânicas das Argamassas Sob Compressão Triaxial-Análise e Previsão** - Anais das XXXII Jornadas Sulamericanas de Engenharia Estrutural - Maio / 2006 ISBN 85-99956-01-9 - Projetos Estruturais Trabalho JOR0001 - p. 2954-2963. Campinas, 2006

MOTTA, Eunice Vargas. **Caracterização de Argamassas de Edificações Históricas de Santa Catarina**. Dissertação de mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em Engenharia Civil da UFSC, 2004.

MOURA, J. Pedro et al., – **Patologias em Edifícios Antigos**, I Seminário de Materiais de Construção, Patologia e Reabilitação da Construção, U. Minho, Guimarães. 2001

NASCIMENTO, C.B. do; QUARCIONI, V.A.; OLIVEIRA, M.C.B. de, et al. **Caracterização da argamassa do forro visando restauro da edificação histórica Vila Penteado**. Uruguai - Montevideú. 1999. v.3, p.1437-1445, il. In: Congreso Iberoamericano de Patologia de las Construcciones e Congreso de Control de Calidad, 5º e 7º, Montevideú, 1999. Artigo técnico.

OLIVEIRA, F de. G. R.; SALES, A. **Propagação de ondas acústicas na madeira**. In: VII ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURA DE MADEIRA, 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: USP, 2000.

OLIVEIRA, Leila Bueno de. **Introdução ao Estudo de Adobe: Construção de Alvenaria**. FAUUnB. End.: Projeto Cantoar / FAU - Prefeitura do Campus, Fundação Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2005.

PROGRAMA MONUMENTA. **Sítios Históricos e Conjuntos Urbanos de Monumentos Nacionais**. Cadernos técnicos 4. v. II – Sudeste e Sul, 2005.

QUARCIONI, Vadezir Ângelo; CINOTTO, Maria Alba; CHOTOLI, Fabiano Ferreira. **Caracterização da Composição de Argamassa de Assentamento e de Revestimento**, III Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas – 1999.

RAGO, F.; JOHN, V.M.; CINCOTTO, M.A.C.; PASSOS GUIMARÃES, J.E. – **Desempenho de Argamassas de Revestimento Mistas e Aditivadas – Metodologia de Avaliação**. 5 th International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries. Florianópolis – SC – Brasil. 1994

RIPPER, Ernesto. **Como Evitar Erros na Construção**. Ed. Pini.

ROMAN, Humberto R., **Argamassas de Assentamento para Alvenarias**, UFSC.

ROMAN, H.R. Anotações de aula. 2003 disponível em www.gda.npc.ufsc.br

RODRIGUES, Paulina Faria. **Estudo Comparativo de Diferentes Argamassas Tradicionais de Cal Aérea**. Universidade Nova Lisboa. Lisboa. Portugal. 2003

RODRIGUES, Romana Margarida Silva Costa de Oliveira. **Construções Antigas de Madeira: Experiência de Obra e Reforço Estrutural**. Dissertação apresentada à Universidade do Minho, para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. 2004.

ROQUE J.– **Reabilitação estrutural de paredes antigas de alvenaria**. Tese de Mestrado, Universidade do Minho, Guimarães. 2002

SILVA, Rui André Martins da. **Caracterização Experimental de Alvenaria Antiga: Reforço e Efeitos Diferidos**. Universidade do Minho, Escola de Engenharia. Trabalho apresentado como dissertação de mestrado. 2008.

SIMÃO, Maria Cristina. Núcleos Urbanos: Diretrizes para Intervenções Urbano-

Arquitetônicas em Ouro Preto. In: **Seminário Internacional de Preservação: A Ética das Intervenções**, 1, 1996, Belo Horizonte. Anais do... Belo Horizonte: IEPHA-MG, p. 111-137. 1997.

SOUZA, Sara R. S. de. **A presença portuguesa na arquitetura da ilha de Santa Catarina: séculos XVIII e XIX**. Florianópolis: IOESC, 1981. 260p.

TELES, Carlos Dion de Melo. **Estruturas de madeira: proposta de metodologia de inspeção e correlação da velocidade ultra-sônica com o dano por cupins**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Florianópolis – 2002

TEREZO, Rodrigo Figueiredo. **Propriedades Mecânicas de Madeiras Utilizadas em Estruturas Históricas e Contemporâneas Estimadas Por Meio de Ultra-Som**. Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil. Florianópolis. 2004.

TRISTÃO, Fernando Avancini; ROMAN, Humberto Ramos. **Análise de Métodos para Caracterização das Argamassas de Revestimento das Edificações**. I Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas – 1995.

VALLUZZI, M. **Comportamento meccanico di murature consolidate con materiali e tecniche a base di calce**. Università di Padova, Italy. 2000

VASCONCELOS, Graça; LOURENÇO P.B.. **Análise Experimental do Comportamento de Paredes de Alvenaria de Pedra Não Reforçada Sob Acções Cíclicas no Plano**. SÍSMICA 2004 - 6º Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica. Universidade do Minho. Guimarães, 3Portugal, 2004

VASCONCELLOS, Sylvio de. **Ofício Relatório nº 231-49, à DCR e à DET**, de Sylvio de Vasconcellos para Rodrigo M. F. de Andrade, em 3/10/1949. Fonte: Arquivo Noronha Santos. 1949.

VASCONCELLOS, Sylvio de. **Vila Rica: formação e desenvolvimento - residências**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Livro, 1956

VASCONCELLOS, Sylvio de. **Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos**. 5 ed. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1979.

VEIGA, M. R.; TAVARES, Martha– **Características das Paredes Antigas. Requisitos dos Revestimentos por Pintura.** In: Actas do Encontro A indústria das tintas no início do século XXI. Lisboa, APTETI, Outubro de 2002.

VEIGA, M. Rosário – **Argamassas para revestimento de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes.** 3º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. LNEC, Lisboa, Maio 2003.

VEIGA, M. Rosário - **Characteristics of repair mortars for historic buildings concerning water behaviour.** Quantification and requirements. Repair Mortars for Historic Masonry, RILEM, Delft, Janeiro 2005.

VEIGA, M. Rosário; AGUIAR, José – **Definição de estratégias de intervenção em revestimentos de edifícios antigos.** 1º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, FEUP, Porto, Março 2003.

VEIGA, M. Rosário. **Intervenções em Revestimentos Antigos: Conservar, Substituir Ou... Destruir.** Janeiro 2006. Disponível em http://conservarcal.lnec.pt/pdfs/RV-Patorreb_2006.pdf

VIEIRA, Liliane de Castro. **As Tipologias Arquitetônicas de Ouro Preto no Século XX: Estudo Comparativo Entre os Inventários de 1949 E 2002.** Universidade Federal da Bahia. Dissertação de mestrado. 2006.

WEIMER, Günter. **A arquitetura da imigração alemã: um estudo sobre a adaptação da arquitetura centro-européia ao meio rural do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UFRGS, 1983. 296 p. ISBN: 85-7025-071-1.

YAZIGI, Walid. **A Técnica de Edificar,** Ed. Pini.

Sites consultados:

www.ecocentro.org/bioconstruindo/adobe

http://emc5711.klein.prof.ufsc.br/Propriedades_basicas.pdf pesquisado em 18/10/2009 as 23h

http://www.achetudoeregiao.com.br/MG/minas_gerais_historia.htm
pesquisado em 16/03/09 às 21:30 h

www.estradareal.org.br

www.paulojones.com/técnicas acessado em agosto de 2008

<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/136/artigo95951-3.asp>

<http://www.scribd.com/doc/492446/REVESTIMENTOS-DE-ARGAMASSA>

www.cmop.gov.br

http://conservarcal.lnec.pt/pdfs/RV-Patorreb_2006.pdf

ANEXOS

Anexo I – Levantamento preliminar do imóvel 1

Anexo II – Levantamento de danos do imóvel 1

Anexo III – Registro fotográfico do imóvel 1

Anexo IV - Levantamento arquitetônico do imóvel 1

Anexo V – Relação do local da edificação com o respectivo material empregado do imóvel 1

Anexo VI – Relação das instalação da edificação com o respectivo material empregado do imóvel 1

Anexo VII – Levantamento preliminar do imóvel 2

Anexo VIII – Levantamento de danos do imóvel 2

Anexo IX – Registro fotográfico do imóvel 2

Anexo X - Levantamento arquitetônico do imóvel 2

Anexo XI – Relação do local da edificação com o respectivo material empregado do imóvel 2

Anexo XII – Relação das instalação da edificação com o respectivo material empregado do imóvel 2

Anexo XIII - Tabela com alguns dos elementos construtivos, os ensaios possíveis e algumas fontes bibliográficas que podem ser consultadas.

Anexo I – Levantamento preliminar do imóvel 1

Ficha de Levantamento Cadastral de Imóveis		Identificação: Imóvel 1		
Levantamento Preliminar				
Endereço	Logradouro: Rua Dr. Getúlio Vargas		M? Compl.: 145	
	Dairro: Centro	Zona: ZPC	Uso: Comercial	
	Município: Ouro Preto	CEP: 35.400-000		
Evento	Tipo de negócio <input checked="" type="checkbox"/> Reforma <input checked="" type="checkbox"/> Restauro <input type="checkbox"/> Reconstrução		Informação	
	Ocupação original <input checked="" type="checkbox"/> Residência <input type="checkbox"/> Comércio <input checked="" type="checkbox"/> Outra		Informante: José da Silva Reis (proprietário)	
	Ocupação atual ou proposta <input type="checkbox"/> Residência <input type="checkbox"/> Comércio <input type="checkbox"/> Hospedagem <input checked="" type="checkbox"/> Outra <input checked="" type="checkbox"/> Não ocupado (atual)		Data: 19/02/2009 Telefone: Não fornecido	
Unidade	Imóvel <input checked="" type="checkbox"/> Casa isolada <input type="checkbox"/> Casa geminada		Tipo de telhas da cobertura <input checked="" type="checkbox"/> Cerâmica <input type="checkbox"/> Fibrocimento <input type="checkbox"/> Metálica <input type="checkbox"/> Outras	Áreas Terreno: 642,12 m ² Construída: 634,63 m ² Taxa Ocupação: 52,78 % Coef. Aproveitamento: 1,17
	Há levantamento dimensional: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		Situação aparente da unidade: Boa Reg Ruim <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Reg <input checked="" type="checkbox"/> Ruim	
	Inscrição <input type="checkbox"/> Imóvel tombado Isolado <input type="checkbox"/> Conjunto tombado <input checked="" type="checkbox"/> Sítio histórico		Equipamentos <input checked="" type="checkbox"/> Elétrica aparente <input checked="" type="checkbox"/> Elétrica embutida <input type="checkbox"/> Interfone <input checked="" type="checkbox"/> Água fria <input type="checkbox"/> Água quente <input checked="" type="checkbox"/> Esgoto Sanitário	
	Idade do imóvel: Aparente: > 100 anos Real: ? anos		Há algum registro de danos graves (incêndios, colapsos, etc.) <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não há registro Qual (sim)	
	Composição da unidade 3 Pavimento 2 Salas 5 Dormitórios 2 Sanitários		Quantidade de: 1 Área de serviço 4 Portas externas 1 Sacada 12 Portas internas 1 Cozinha 25 Janelas externa 4 Outros cômodos <input type="checkbox"/> Janelas interna <input type="checkbox"/> Edícula	
	Estado de conservação 4 Muito bom 3 Bom 2 Regular 1 Ruim			
	Fachadas Estrutura Cobertura Fundação Janelas Portas Interior 1 2 1 3 1 2 2			
	Intervenção necessária 3 Reparos Simples 2 Reparos Importantes 1 Reconstrução			
	Fachadas Estrutura Cobertura Fundação Janelas Portas Interior 2 2 1 3 1 2 2			
	Existe alguma intervenção facilmente detectável 2 Sim 1 Não			
Fachadas Estrutura Cobertura Fundação Janelas Portas Interior 2 1 2 1 1 1 2				
Observações: A fachada principal está muito mais conservada que a fachada dos fundos. O imóvel encontra-se fechado há mais de 15 anos.				
O imóvel foi visitado? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Responsável pré-visitória: Oscar Fuentes / Sylvio Nelson M.da Motta				

Anexo II – Levantamento de danos do imóvel 1

Ficha de Levantamento Cadastral de Imóveis		Identificação: móvel 1	
Levantamento de Danos			
Logradouro: Rua Dr. Getúlio Vargas		N.º Compl.: 145	
Bairro: Centro		Zona: ZPE	Uso: Comercial
Município: Ouro Preto		CEP: 35.400-000	
Eventos	Existe algum dano facilmente detectável		2 Sim 1 Não
	<input checked="" type="checkbox"/> Cobertura	<input checked="" type="checkbox"/> Fachadas	<input checked="" type="checkbox"/> Janelas
	<input checked="" type="checkbox"/> Estrutura	<input checked="" type="checkbox"/> Alvenaria	<input checked="" type="checkbox"/> Portas
	<input type="checkbox"/> Fundação	<input checked="" type="checkbox"/> Revestimento	<input checked="" type="checkbox"/> Piso
			<input type="checkbox"/> Paredes do interior <input type="checkbox"/> Pintura
Danos detectados	Cobertura		
	<input checked="" type="checkbox"/> Deformação anormal	<input type="checkbox"/> Deformação anormal	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com podridão
	<input checked="" type="checkbox"/> Telhas deslocadas ou traturadas	<input checked="" type="checkbox"/> Presença de manchas	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com insetos
	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com podridão	<input checked="" type="checkbox"/> Fendas, rachaduras e trincas	<input checked="" type="checkbox"/> Empenno excessivo
	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com insetos	<input checked="" type="checkbox"/> Desaprumo	<input type="checkbox"/> Oxidação
	<input type="checkbox"/> Outros _____	<input checked="" type="checkbox"/> Esmagamento	<input type="checkbox"/> Outros _____
	Estrutura		
	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com podridão	<input checked="" type="checkbox"/> Desagregação	<input type="checkbox"/> Pintura
	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com insetos	<input checked="" type="checkbox"/> Presença de vegetação	<input type="checkbox"/> Manchas
	<input type="checkbox"/> Esmagamento	<input type="checkbox"/> Outros _____	<input type="checkbox"/> Descascamento
	<input checked="" type="checkbox"/> Desaprumo	Revestimento	
	<input checked="" type="checkbox"/> Fendas, rachaduras e trincas	<input checked="" type="checkbox"/> Presença de manchas	<input type="checkbox"/> Efloreescência
	<input checked="" type="checkbox"/> Deslocamento assentado	<input checked="" type="checkbox"/> Descolamento de placas	<input type="checkbox"/> Outros _____
	<input checked="" type="checkbox"/> Desagregação	<input checked="" type="checkbox"/> Desagregação	<input type="checkbox"/> Piso
	<input type="checkbox"/> Outros _____	<input type="checkbox"/> Outros _____	<input checked="" type="checkbox"/> Desnívelamento
Fundação			
<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com podridão	<input type="checkbox"/> Deslocamento assentado	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com podridão	
<input type="checkbox"/> Madeira com insetos	<input type="checkbox"/> Desagregação	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com insetos	
<input type="checkbox"/> Esmagamento	<input type="checkbox"/> Abatimento	<input type="checkbox"/> Rachaduras e trincas	
<input type="checkbox"/> Desaprumo	<input type="checkbox"/> Outros _____	<input checked="" type="checkbox"/> Abatimento	
		<input type="checkbox"/> Outros _____	
Causas prováveis dos danos	Principais prováveis causas		
	<input checked="" type="checkbox"/> Umidade ascendente	<input type="checkbox"/> Cargamento excessivo	
	<input checked="" type="checkbox"/> Umidade pela cobertura	<input checked="" type="checkbox"/> Intemperismo	
	<input checked="" type="checkbox"/> Outras umidades	<input checked="" type="checkbox"/> Falta de ventilação	
	<input type="checkbox"/> Sismos	<input type="checkbox"/> Outros _____	
	<input type="checkbox"/> Intervenção inadequada		
<input checked="" type="checkbox"/> Falta de manutenção			
<input type="checkbox"/> Alteração do uso			
Observações:			
O tráfego intenso de veículos e a falta de manutenção têm causado danos ao imóvel.			
O imóvel foi vistoriado? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Responsável p/vistoria: Oscar Fuentes / Sylvio Nelson M.da Motta			

Anexo III – Registro fotográfico do imóvel 1



Foto 1: Fachada Principal



Foto 2: Fachada dos fundos



Foto 3: Parte da fachada principal



Foto 4: Parte da fachada principal



Foto 5: Fachada principal



Foto 6: Fachada dos fundos

Fotos 1 a 6: Registros do imóvel 1

Fonte: José da Silva Reis. Proprietário do Imóvel



Foto 7: Fachada dos fundos



Foto 8: Piso intermediário



Foto 9: Esquadrias do piso intermediário



Foto 10: Piso inferior (porão)



Foto 11: Intervenção no porão



Foto 12: Vão entre forro e cobertura

Fotos 7 a 12: Registros do imóvel 1

Fonte: José da Silva Reis. Proprietário do Imóvel

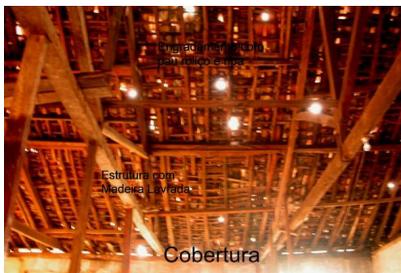


Foto 13: Cobertura



Foto 14: Junção cobertura - alvenaria



Foto 15: Piso do nível intermediário



Foto 16: Junção Alvenaria - forro



Foto 17: Instalações nível intermediário



Foto 18: Detalhes do nível intermediário

Fotos 13 a 18: Registros do imóvel 1

Fonte: José da Silva Reis. Proprietário do Imóvel



Foto 19: Detalhes do porão



Foto 20: Detalhes do nível intermediário



Foto 21: Instalação sanitária



Foto 22: Piso superior



Foto 23: Piso superior

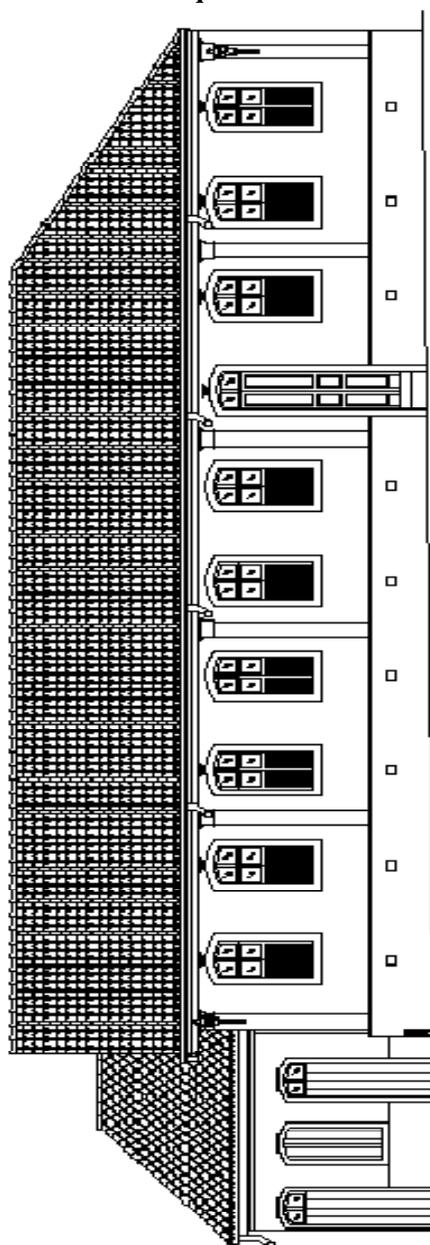


Foto 24: Cobertura vista de baixo

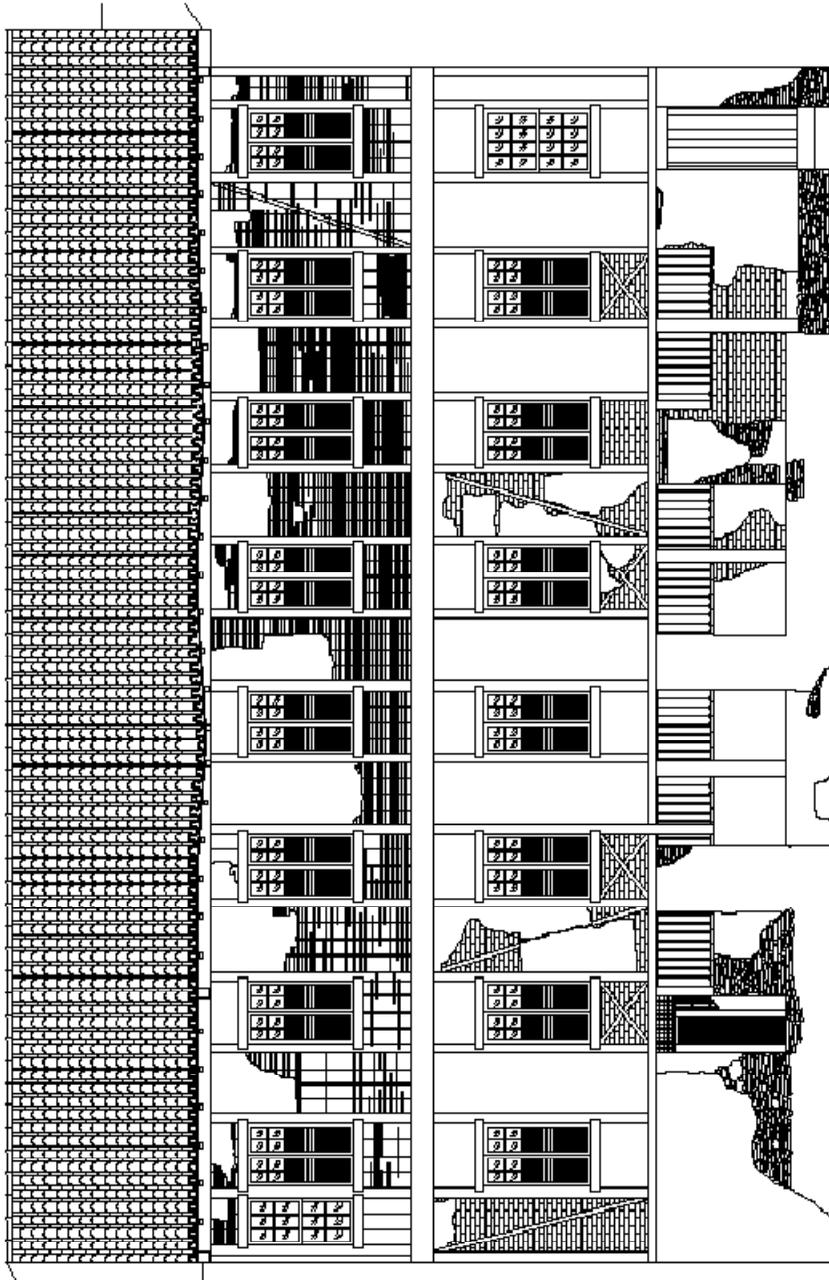
Fotos 19 a 24: Registros do imóvel 1

Fonte: José da Silva Reis. Proprietário do Imóvel

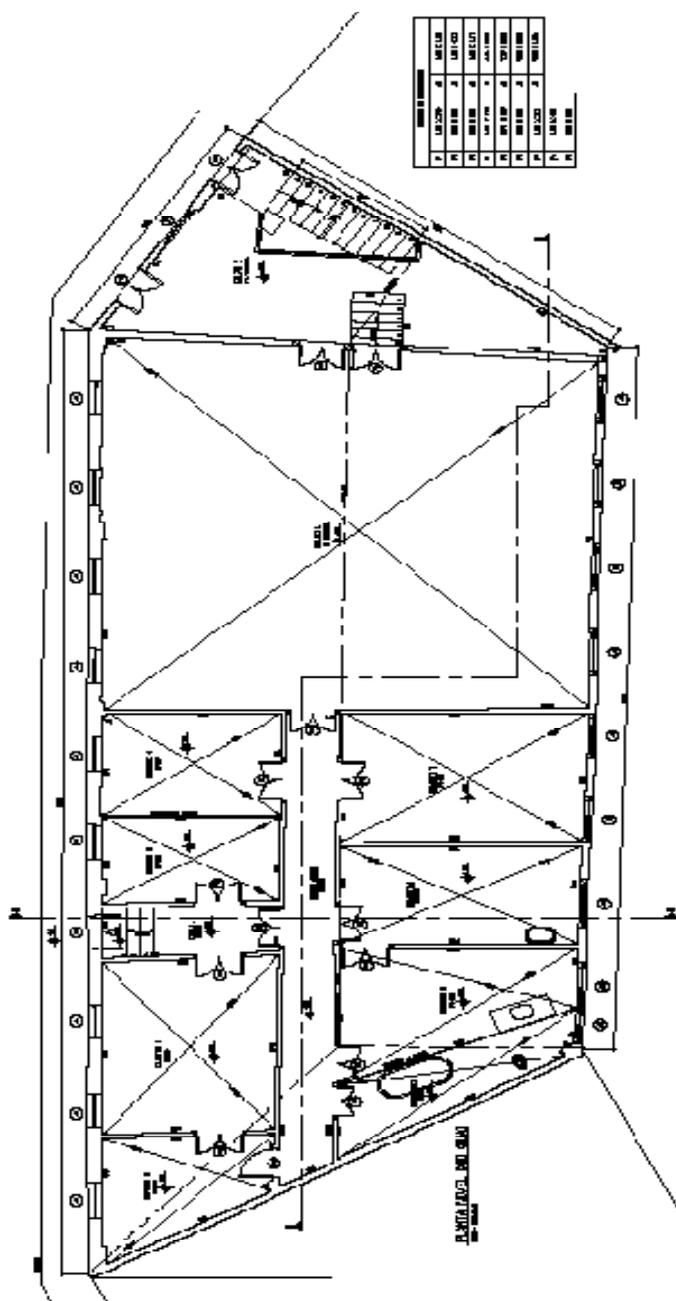
Anexo IV – Levantamento arquitetônico do imóvel 1

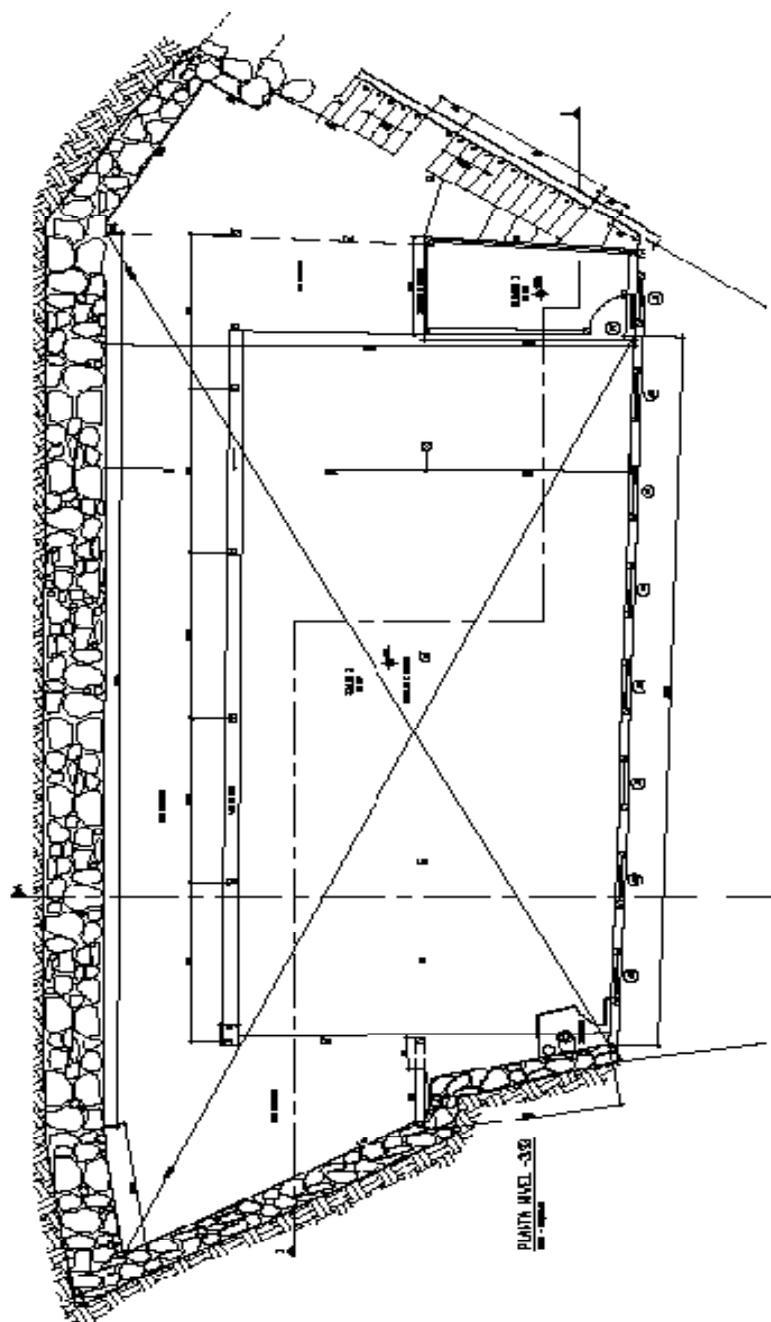


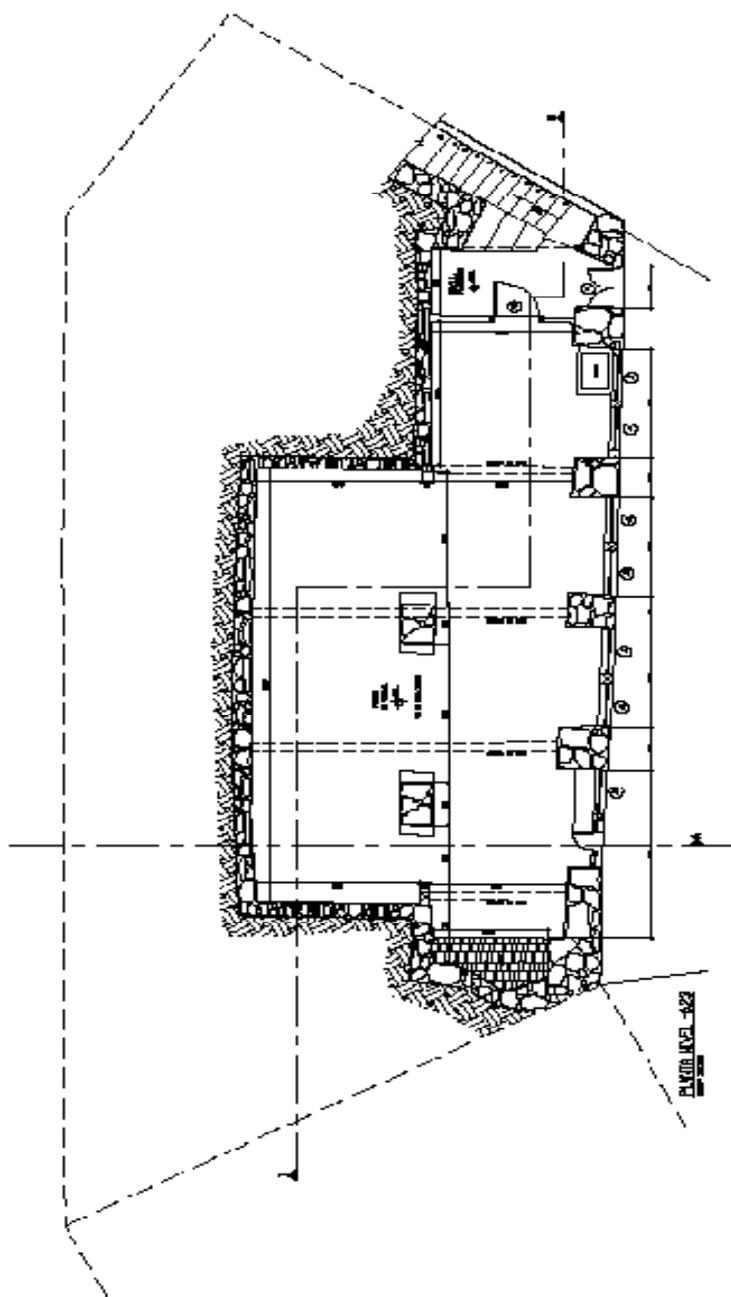
FACHADA PRINCIPAL

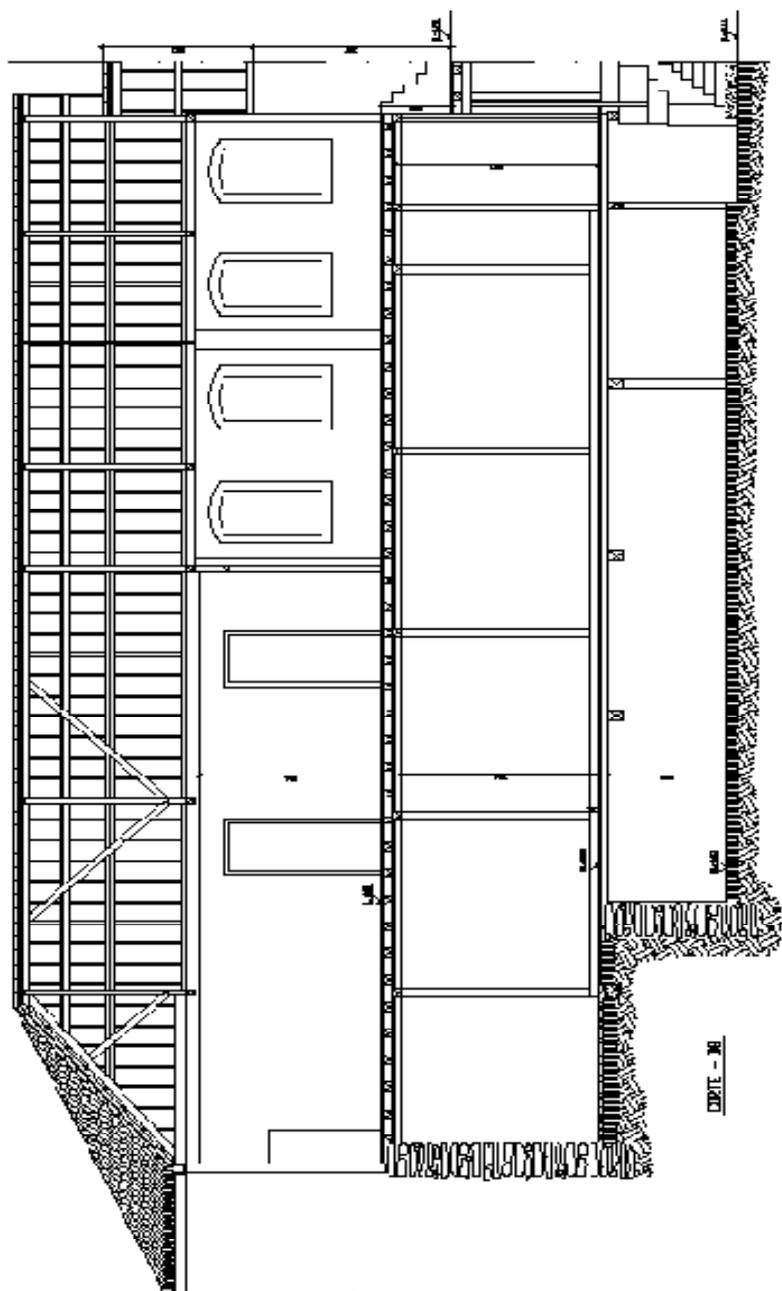


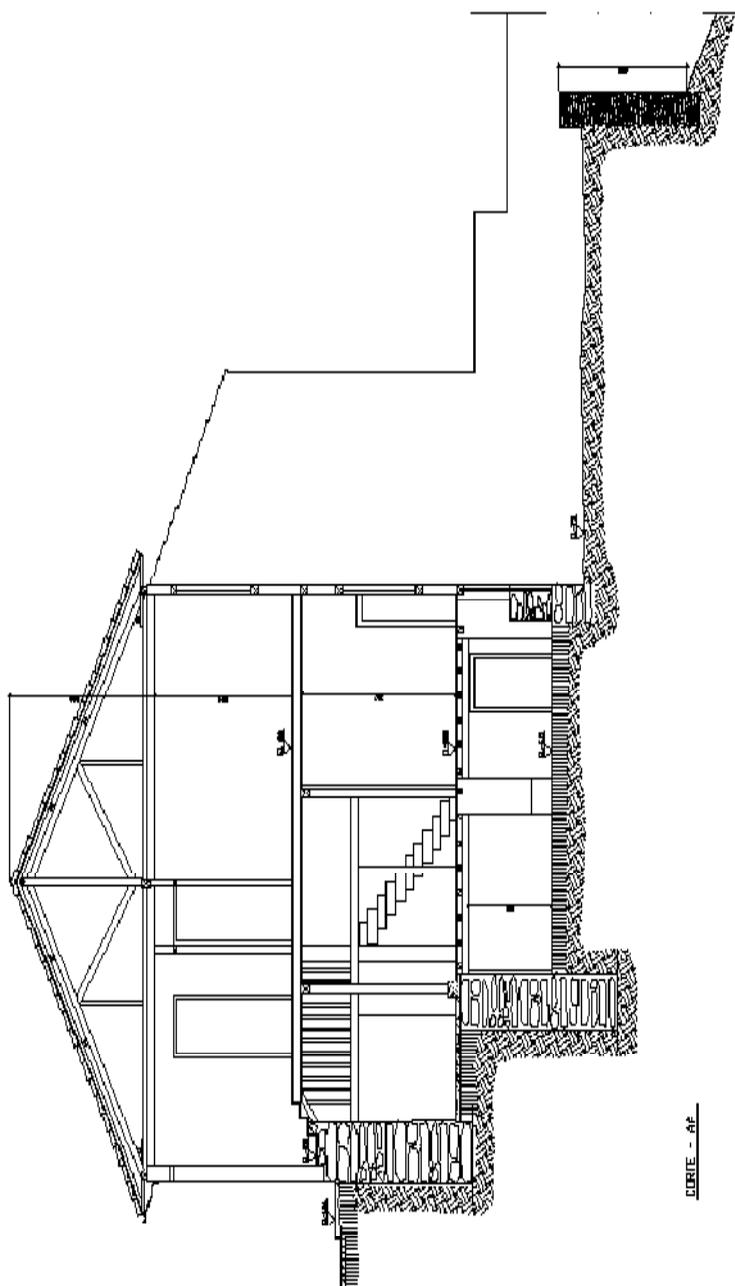
FACHADA FUNDOS

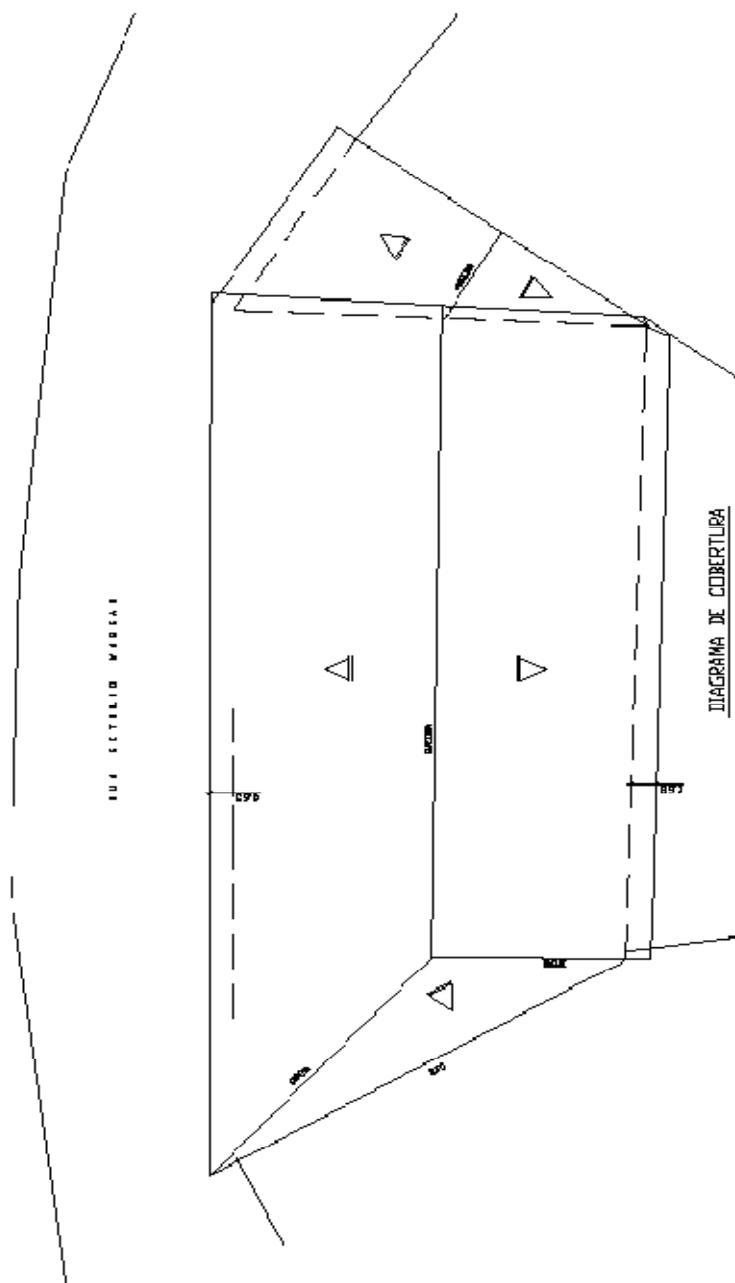












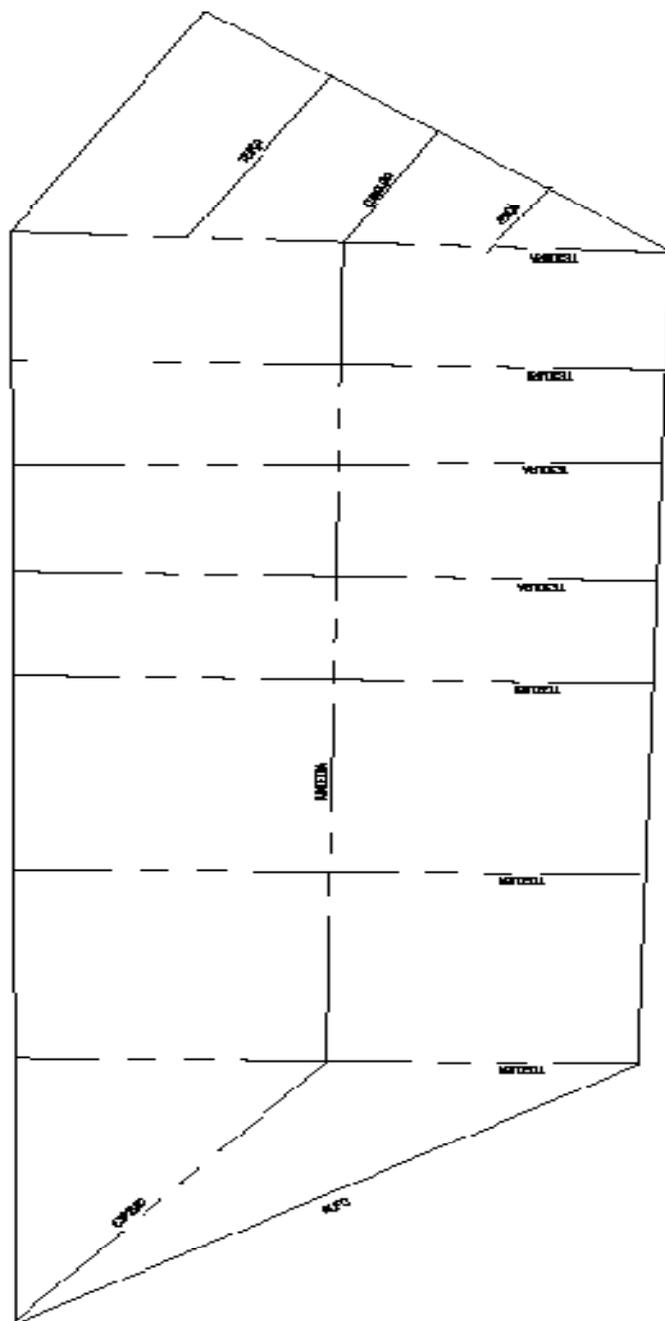


DIAGRAMA DA ESTRUTURA DA COBERTURA

Anexo VI – Relação das instalações da edificação com o respectivo material empregado do imóvel 1

RELAÇÃO DAS INSTALAÇÕES COM OS RESPECTIVOS MATERIAIS EMPREGADOS		IMÓVEL: 1											
		Metalico	PVC	Tecido	Plástico	Cobre	Alumínio	Chumbo	Fundo	Galvanizado	Cerâmica		
Elétricas	Eletroducto	■											
	Fiação	■											
Fiação	Capramento			■	■								
	Condutores			■	■								
Hidráulicas	Água Fria		■					■					
	Água Quente												
Sanitária	Primária										■		■
	Secundária										■		■

Anexo VII – Levantamento preliminar do imóvel 2

Ficha de Levantamento Cadastral de Imóveis		Identificação: Imóvel 2					
Levantamento Preliminar							
Endereço	Logradouro: Praça Feinaldo Alves de Brito	Nº Compl.: 22, 28, 34 e 38					
	Bairro: Centro	Zona: ZPE Uso: Comercial					
	Município: Ouro Preto	CEP: 35400-000					
Evento	Tipo de negócio	Informação					
	<input checked="" type="checkbox"/> Reforma <input checked="" type="checkbox"/> Restauro <input type="checkbox"/> Reconstrução	Informante: Paulo de Oliveira Carneiro (proprietário)					
	Ocupação original	Data: 19/02/2009					
<input type="checkbox"/> Residência <input checked="" type="checkbox"/> Comércio <input type="checkbox"/> Outra	Telefone: Não fornecido						
Ocupação atual ou proposta	<input type="checkbox"/> Residência <input checked="" type="checkbox"/> Comércio <input type="checkbox"/> Hospedagem <input type="checkbox"/> Outra <input checked="" type="checkbox"/> Não ocupado (atual)						
Unidade	Imóvel	Tipo de telhas da cobertura	Áreas				
	<input type="checkbox"/> Casa isolada	<input checked="" type="checkbox"/> Cerâmica	Terreno: 330,00 m ²				
	<input checked="" type="checkbox"/> Casa geminada	<input type="checkbox"/> Fibrocimento	Construída: 580,00 m ²				
		<input type="checkbox"/> Metálica	Taxa Ocupação: 88,00 %				
	Há levantamento dimensional:	<input type="checkbox"/> Outras	Coef. Aproveitamento: 1,76				
	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não						
	Inserção	Situação aparente da unidade:	Equipamentos				
	<input type="checkbox"/> Imóvel tombado Isolado	Boa Reg Ruim	<input checked="" type="checkbox"/> Elétrica aparente				
	<input type="checkbox"/> Conjunto tombado	<input type="checkbox"/> Boa <input checked="" type="checkbox"/> Reg <input type="checkbox"/> Ruim	<input checked="" type="checkbox"/> Elétrica embutida				
	<input checked="" type="checkbox"/> Sítio histórico	<input checked="" type="checkbox"/> Conservação	<input checked="" type="checkbox"/> Interfone				
	<input checked="" type="checkbox"/> Insolação	<input checked="" type="checkbox"/> Água fria					
	<input checked="" type="checkbox"/> Ventilação	<input checked="" type="checkbox"/> Água quente					
	<input checked="" type="checkbox"/> Cobertura	<input checked="" type="checkbox"/> Esgoto Sanitário					
Idade do imóvel:	Há algum registro de danos graves (incêndios, colapsos, etc.)						
Aparente: > 100 anos;	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não há registro	Qual (sim)					
Real: ? anos;							
Composição da unidade	Quantidade de:						
2 Pavimentos	1 Área de serviço	16 Portas externas					
7 Salas	7 Sacadas	16 Portas internas					
Dormitórios	3 Cozinha	13 Janelas externa					
4 Sanitários	4 Outros cômodos	1 Janelas interna					
		1 Edícula					
Conservação	Estado de conservação	4 Muito bom	3 Bom	2 Regular	1 Ruim		
	Fachadas	Estrutura	Cobertura	Fundação	Janelas	Portas	Interior
	2	3	4	3	2	2	2
	Intervenção necessária	3 Reparos Simples	2 Reparos Importantes	1 Reconstrução			
	Fachadas	Estrutura	Fundação	Cobertura	Forno	Portas	Interior
1	3	3	3	1	3	2	3
Existe alguma intervenção facilmente detectável	2 Sim	1 Não					
Fachadas	Estrutura	Fundação	Cobertura	Forno	Portas	Interior	Janelas
2	2	1	2	2	1	2	1
Observações:							
O pavimento inferior funciona um comércio e o superior está desocupado há aproximadamente 2 anos.							
A cobertura da edificação já havia passado por reforma recentemente.							
A edificação já passou por várias alterações e adaptações internamente.							
O imóvel foi vistoriado? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Responsável p/vistoria: Ricardo Abdalla / Sylvio Nelson M.da Motta							

Anexo VIII – Levantamento de danos do imóvel 2

Ficha de Levantamento Cadastral de Imóveis		Identificação: Imóvel 2		
Levantamento de Danos				
Endereço	Logradouro: Praça Reinaldo Alves de Brito	Nº/Compl.: 22,28,34 e 38		
	Bairro: Centro	Zona: ZPE	Uso: Comercial	
	Município: Ouro Preto	CEP: 35400-000		
Evento	Existe algum dano facilmente detectável		2 Sim 1 Não	
	<input type="checkbox"/> 1 Cobertura	<input type="checkbox"/> 2 Fachadas	<input type="checkbox"/> 2 Janelas	<input type="checkbox"/> 2 Paredes do interior
	<input type="checkbox"/> 1 Estrutura	<input type="checkbox"/> 2 Alvenaria	<input type="checkbox"/> 2 Portas	<input type="checkbox"/> 2 Pintura
	<input type="checkbox"/> 1 Fundação	<input type="checkbox"/> 2 Revestimento	<input type="checkbox"/> 2 Piso	
Danos detectados	Cobertura	Paredes de alvenaria	Esquadrias	
	<input type="checkbox"/> Deformação anormal	<input checked="" type="checkbox"/> Deformação anormal	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com podridão	
	<input type="checkbox"/> Telhas deslocadas ou fraturadas	<input checked="" type="checkbox"/> Presença de manchas	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com insetos	
	<input type="checkbox"/> Madeira com podridão	<input checked="" type="checkbox"/> Fendas, rachaduras e trincas	<input type="checkbox"/> Empeno excessivo	
	<input type="checkbox"/> Madeira com insetos	<input checked="" type="checkbox"/> Desaprumo	<input type="checkbox"/> Oxidação	
	<input checked="" type="checkbox"/> Outros sem forro	<input type="checkbox"/> Esmagamento	<input type="checkbox"/> Outros	
	Estrutura	<input checked="" type="checkbox"/> Desagregação	Pintura	
	<input type="checkbox"/> Madeira com podridão	<input type="checkbox"/> Presença de vegetação	<input checked="" type="checkbox"/> Manchas	
	<input type="checkbox"/> Madeira com insetos	<input type="checkbox"/> Outros	<input checked="" type="checkbox"/> Descascamento	
	<input type="checkbox"/> Esmagamento	Revestimento	<input type="checkbox"/> Efflorescência	
<input type="checkbox"/> Desaprumo	<input checked="" type="checkbox"/> Presença de manchas	<input type="checkbox"/> Outros		
<input type="checkbox"/> Fendas, rachaduras e trincas	<input checked="" type="checkbox"/> Descolamento de placas	Piso		
<input type="checkbox"/> Deslocamento assentado	<input checked="" type="checkbox"/> Desagregação	<input checked="" type="checkbox"/> Desnivelamento		
<input type="checkbox"/> Desagregação	<input type="checkbox"/> Outros	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com podridão		
<input type="checkbox"/> Outros	Fundação	<input checked="" type="checkbox"/> Madeira com insetos		
<input type="checkbox"/> Madeira com podridão	<input type="checkbox"/> Deslocamento assentado	<input checked="" type="checkbox"/> Rachaduras e trincas		
<input type="checkbox"/> Madeira com insetos	<input type="checkbox"/> Desagregação	<input checked="" type="checkbox"/> Abatimento		
<input type="checkbox"/> Esmagamento	<input type="checkbox"/> Abatimento	<input type="checkbox"/> Outros		
<input type="checkbox"/> Desaprumo	<input type="checkbox"/> Outros			
Causas prováveis dos danos	Principais prováveis causas			
	<input type="checkbox"/> Umidade ascendente	<input type="checkbox"/> Carregamento excessivo		
	<input checked="" type="checkbox"/> Umidade pela cobertura	<input checked="" type="checkbox"/> Intemperismo		
	<input type="checkbox"/> Outras umidades	<input type="checkbox"/> Falta de ventilação		
	<input checked="" type="checkbox"/> Sismos	<input type="checkbox"/> Outros		
	<input checked="" type="checkbox"/> Intervenção Inadequada			
<input type="checkbox"/> Falta de manutenção				
<input checked="" type="checkbox"/> Alteração do uso				
Observações:				
O tráfego intenso de veículos tem causado danos ao imóvel.				
O imóvel foi vistoriado? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Responsável p/vistoria: Ricardo Abdalla / Renato J. Ferreira				

Anexo IX – Registro fotográfico do imóvel 2



Foto 1: Fachada Principal



Foto 2: Parte da fachada dos fundos



Foto 3: Parte da fachada dos fundos



Foto 4: Parte da fachada dos fundos



Foto 5: Vista interna do pav.térreo



Foto 6: Vista interna do pav.térreo

Fotos 1 a 6: Registros do imóvel 2

Fonte: Renato José Ferreira



Foto 7: Acesso do térreo ao pavimento 1



Foto 8: Acesso do térreo ao pavimento 1

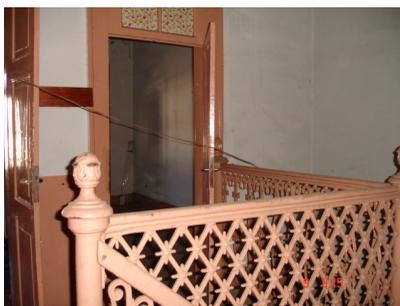


Foto 9: Hall de entrada do pavimento 1



Foto 10: Acesso da rua ao pavimento 1



Foto 11: Sala do pavimento 1

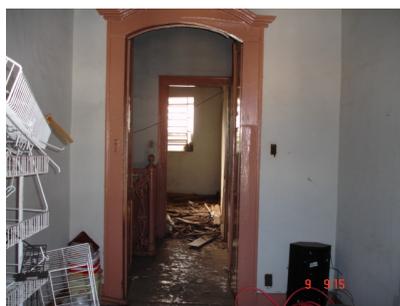


Foto 12: Vista interna do pav.1

Fotos 7 a 12: Registros do imóvel 2

Fonte: Renato José Ferreira



Foto 13: Vista interna do pav.1



Foto 14: Vista interna do pav.1



Foto 15: Detalhe de porta interna



Foto 16: Junção Alvenaria – forro (retirado)



Foto 17: Instalações nível térreo



Foto 18: Danos do revestimento por umidade

Fotos 13 a 18: Registros do imóvel 2

Fonte: Renato José Ferreira



Foto 19: Detalhes das tubulações de esgoto



Foto 20: Detalhes do esquadria interna



Foto 21: Escada de acesso ao quintal



Foto 22: Detalhes do banheiro



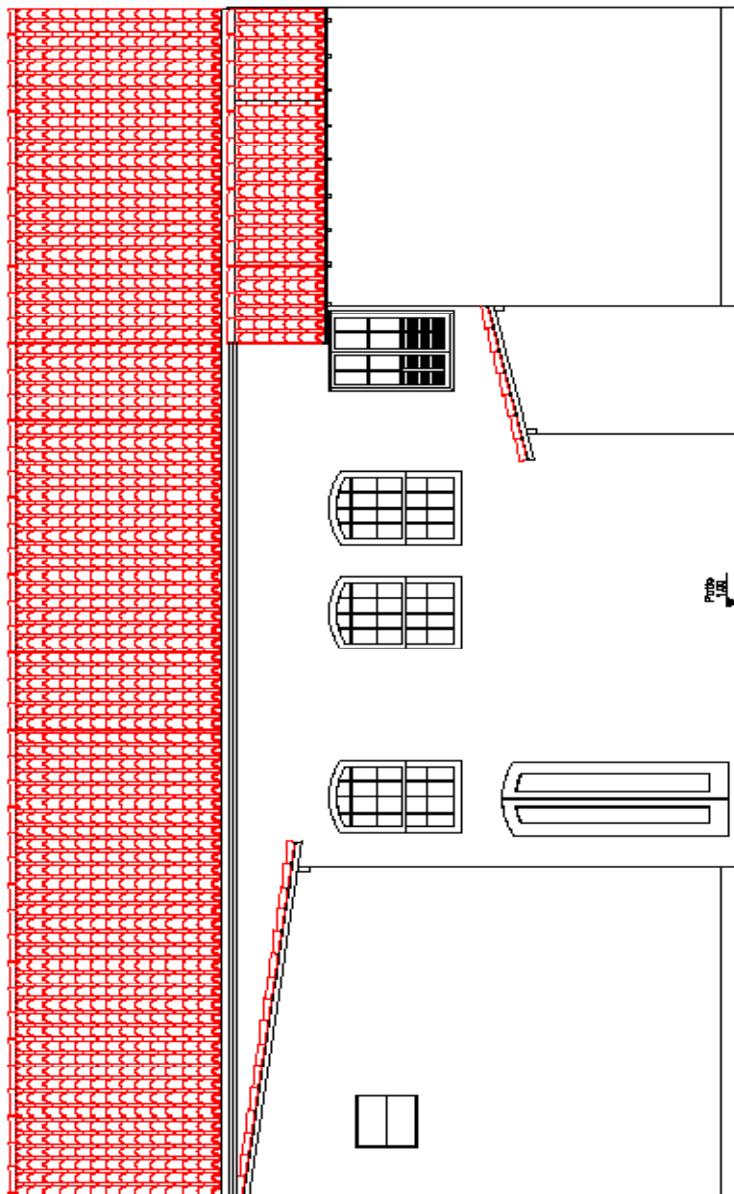
Foto 23: Piso superior



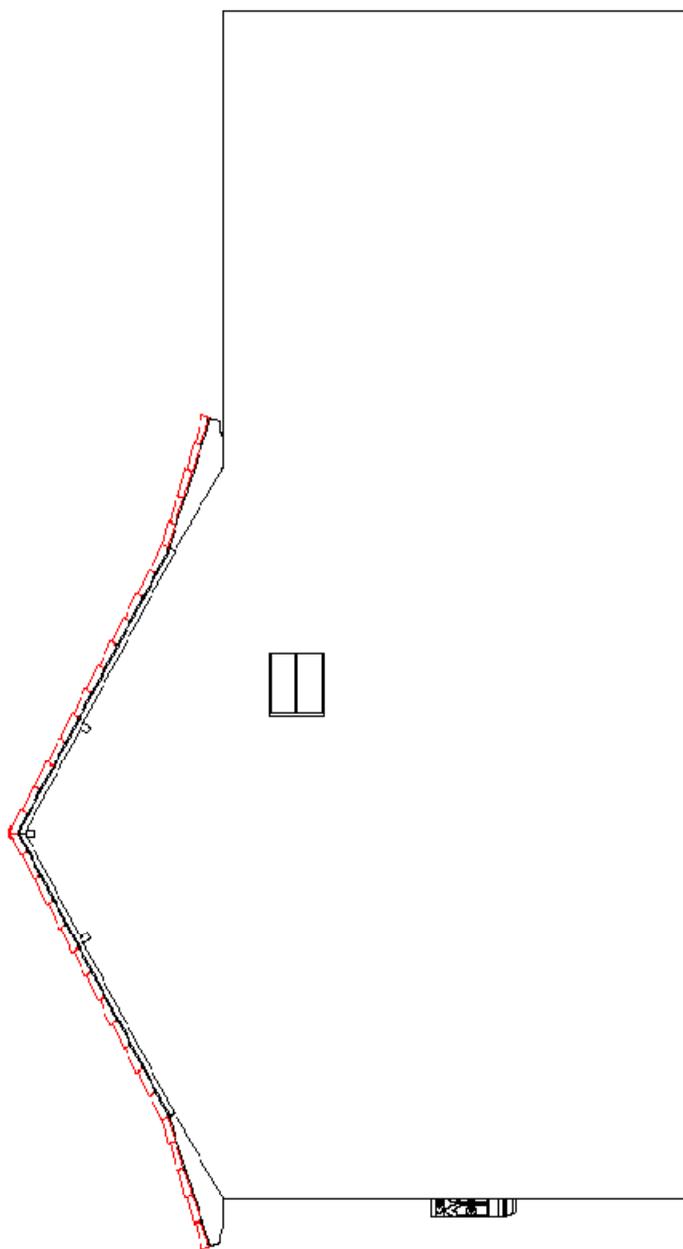
Foto 24: Cobertura vista de baixo

Fotos 19 a 24: Registros do imóvel 2
Fonte: Renato José Ferreira

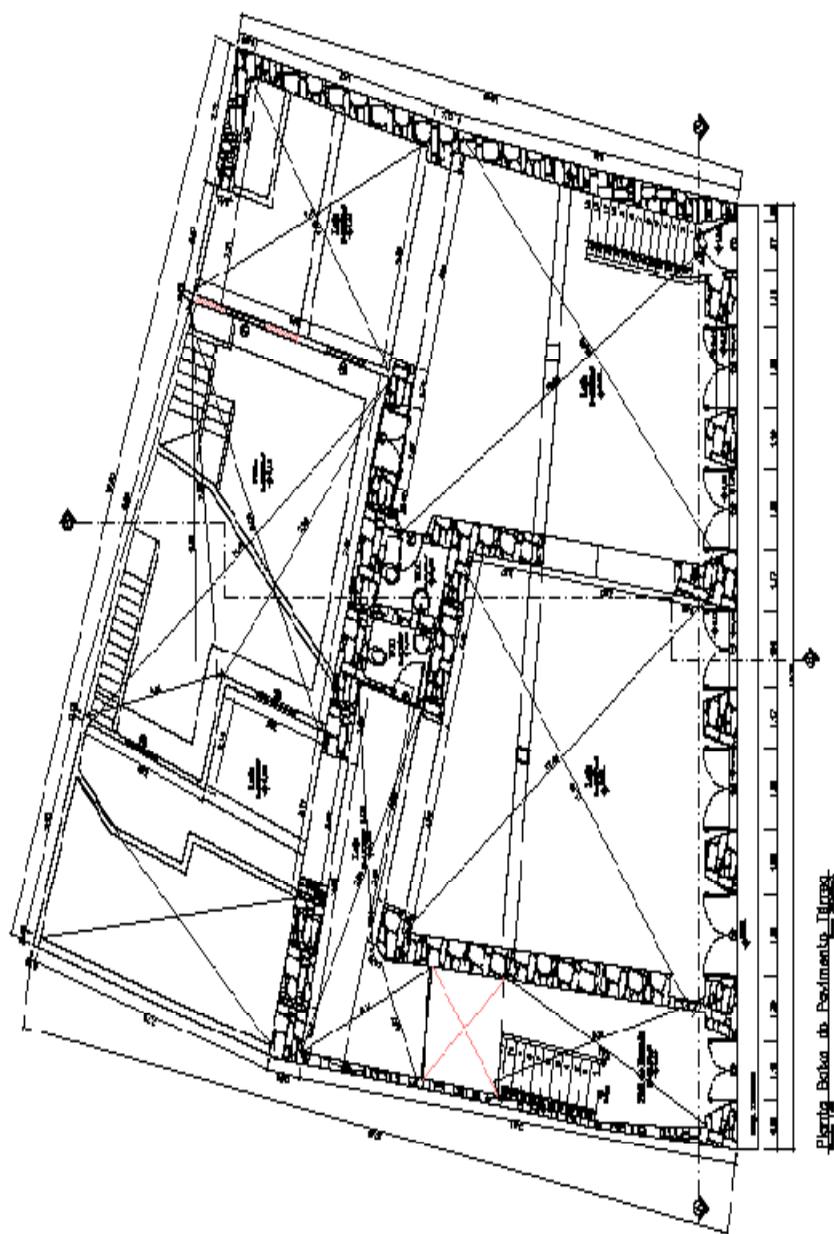
Anexo X – Levantamento arquitetônico do imóvel 2

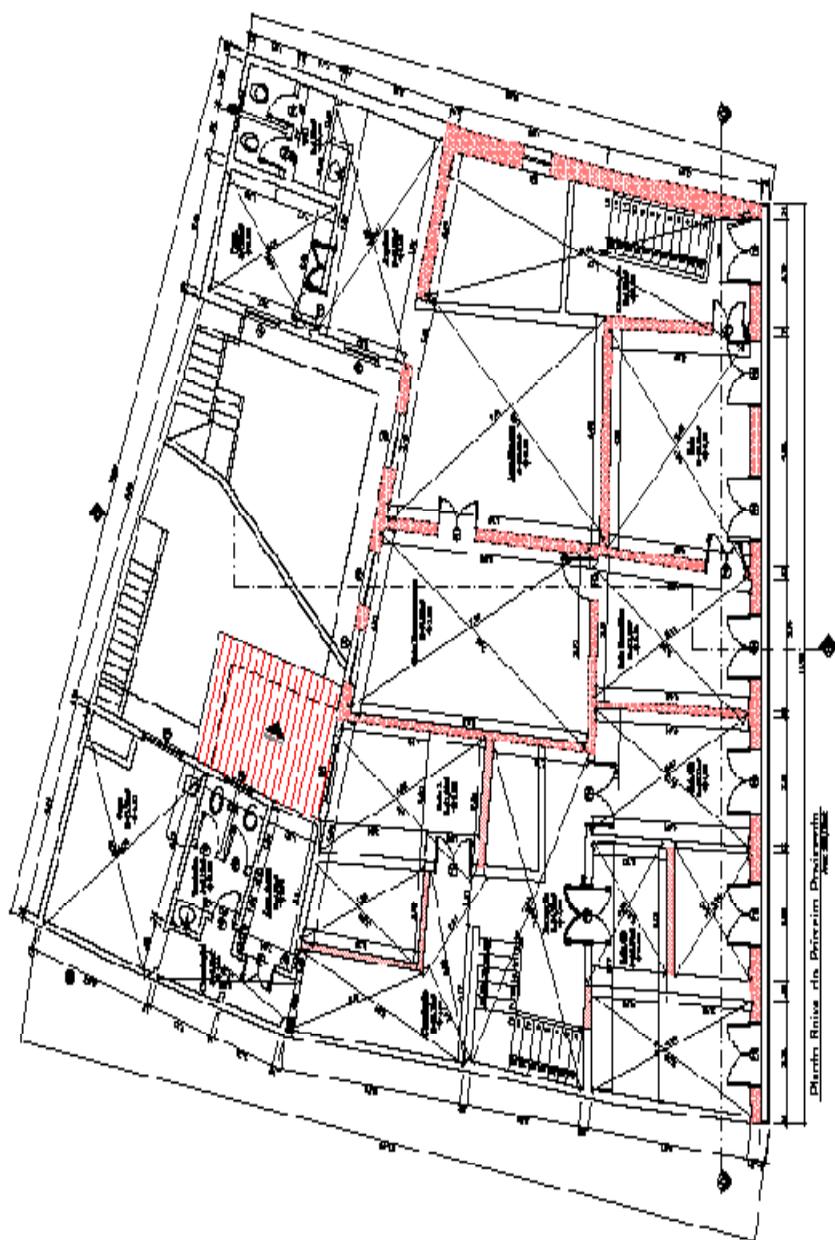


Fachada dos Fundos.



Fachada Lateral Direita





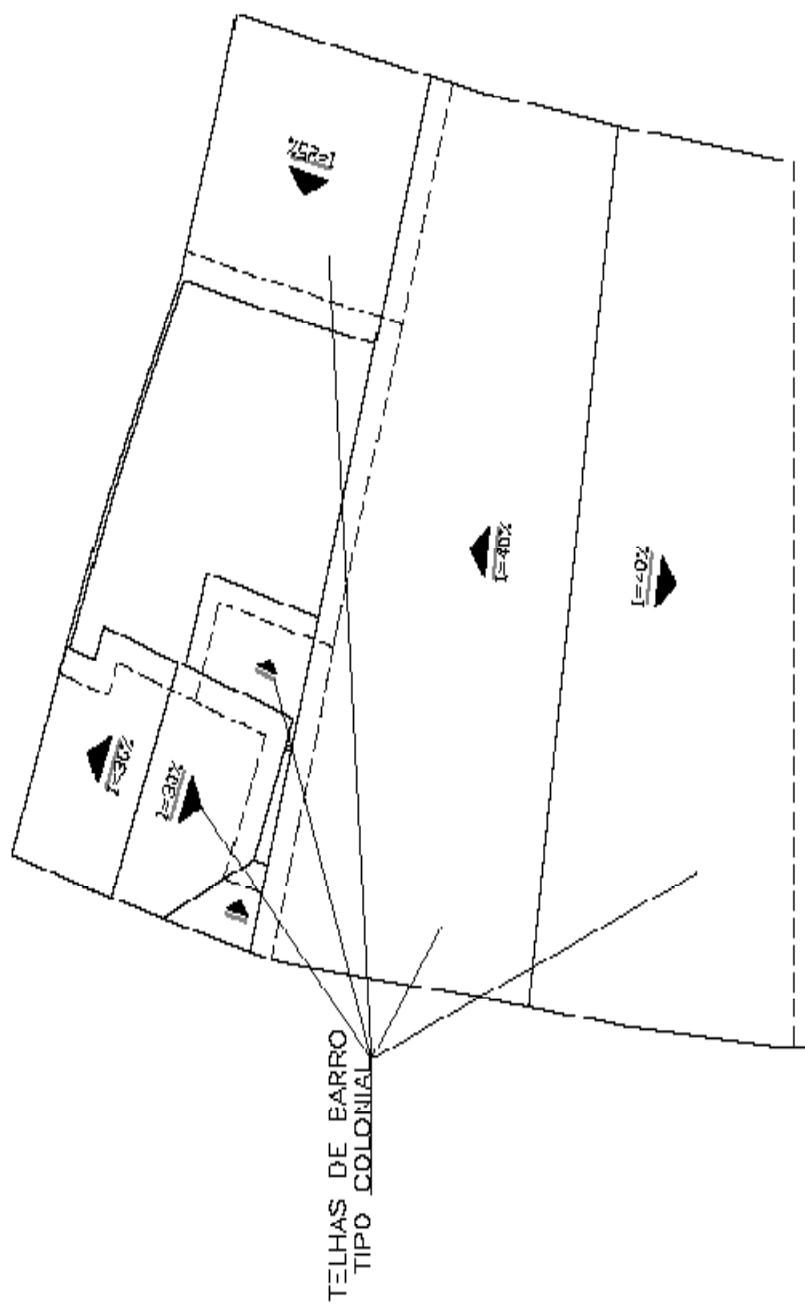


Diagrama de Cobertura

Anexo XIII – Tabela com alguns dos elementos construtivos, os ensaios possíveis e algumas fontes bibliográficas que podem ser consultadas.

ELEMENTO CONSTRUTIVO	ENSAIOS	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA
Argamassa	<ul style="list-style-type: none"> • Difractometria de Raios X (DRX); • Análise Térmica Diferencial (DTA); • Análise Termográfica (TG); • Espectrometria de Absorção Atômica (AAS); • Espectrometria no Infravermelho (FT-IR); • Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) • Trabalhabilidade; • Módulo de elasticidade dinâmico; • Resistência à tração por flexão; • Resistência à compressão; • Massa volumétrica; • Porosidade aberta; • Absorção de água por capilaridade; • Coeficiente de capilaridade; • Resistência à cristalização de cloretos e à ação de sulfatos; • Retração; • Aderência; • Carbonatação; • Retenção de água; e • Permeabilidade ao vapor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rago et al (1994) • Tristão (1995) • Nascimento et al (1999) • Motta (2002) • Rodrigues (2003) • Roman (2003) • Veiga (2003) • Veiga (2005) • Lourenço e Vasconcelos (2004) • Veiga (2005) • NBR 7215; • ASTM C 23; • NBR 9290; • NBR 8522; • NBR 8490; • NBR 9779
Tijolos	<ul style="list-style-type: none"> • Absorção de água por imersão; • Absorção de água por capilaridade e sucção; • Análise química por espectrometria de fluorescência de raios X; • Ensaio de furação controlada (DRMS); • Ensaio de compressão uniaxial; • Difractometria de Raios X (DRX) para determinar as fases mineralógicas; • Ensaio de flexão (Resistência Mecânica); • Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) 	<ul style="list-style-type: none"> • Lourenço (2002) • Teles (2002) • Fernandes et al (2003) • Bouth (2005) • Norma ASTM D-790-1986

Madeira	<ul style="list-style-type: none"> • Difratometria de Raios X (DRX); • Termografia no Infravermelho (FT-IR); • Furação controlada; • Ultrassom; • Inspeção visual com percussão de martelo; • Emissão acústica por insetos; • Penetração ao impacto; • Métodos de medição de umidade; • Buscas por insetos com cães; • Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) 	<ul style="list-style-type: none"> • Teles (2002) • ICOMOS (2004) • Rodrigues (2004) • Terezo (2004) • Kassir et al (1995) • Kassir et al (2004) • Kandemir-Yucel, et al (2006)
Pedra	<ul style="list-style-type: none"> • Resistência à compressão • Resistência à tração • Comportamento das juntas secas sob ações horizontais cíclicas • Porosidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Vasconcelos (2004) • Lourenço e Vasconcelos (2004)
Pintura	<ul style="list-style-type: none"> • Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) • Difratometria de Raios X (DRX) 	<ul style="list-style-type: none"> • Luso (2002) • Motta (2002) • Vieira (2006)