

Bruno Tiago de Azevedo Ribeiro

Reabilitação Estrutural de Alvenarias de Edifícios Antigos

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2012

Bruno Tiago de Azevedo Ribeiro

Reabilitação Estrutural de Alvenarias de Edifícios Antigos

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2012

Bruno Tiago de Azevedo Ribeiro

Reabilitação Estrutural de Alvenarias de Edifícios Antigos

**Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa como parte dos requisitos
para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.**

Sumário

O presente trabalho aborda a reabilitação de edifícios antigos em alvenaria de pedra, com particular incidência nas construções do centro histórico da cidade do Porto. A área da reabilitação tem suscitado crescente interesse, tanto ao nível dos intervenientes ligados à construção, como dos proprietários de imóveis.

O trabalho inicia pela descrição da evolução urbana da cidade do Porto ao longo do tempo, descreve os seus edifícios antigos em termos de características arquitectónicas e estruturais e, por último, refere de forma generalizada algumas soluções de reforço estrutural ao nível das fundações e das alvenarias de pedra.

Apesar de não ter havido um caso prático de estudo, onde as soluções de reforço estrutural pudessem na eventualidade ter sido aplicadas, obtiveram-se algumas mais valias, nomeadamente: compreensão do funcionamento das estruturas antigas, principalmente ao nível da constituição do sistema construtivo e dos materiais constituintes.

Abstract

This paper addresses the rehabilitation of old buildings in stone masonry, with particular focus on buildings of the historic centre of Porto. The field of rehabilitation has attracted increasing interest, both in terms of actors associated with the construction, as the owners of the property.

It begins by describing the evolution of the town of Porto over time, describes its ancient buildings in terms of architectural and structural characteristics and, finally, refers in a general way, some solutions to structurally reinforce the level of foundations and masonry store. Although there hadn't been any practical case study, where the structural strengthening solutions could have been applied, we obtained some gains, including: understanding of the functioning of older structures, especially in terms of the constitution and the building system of the constituent materials.

Dedicatória

Aos meus pais, à minha irmã, à Sónia e a Eng^o Celeste Almeida por tornarem possível a concretização deste projecto.

Agradecimentos

À minha orientadora, Eng^a Celeste Almeida pelo acompanhamento, dedicação e persistência que me deu ao longo da execução deste trabalho.

Ao Arq^{cto} Manuel Cerveira Pinto pela amabilidade, disponibilidade, interesse, compreensão e apoio prestado durante a realização do trabalho.

Aos meus pais, a minha irmã e à Sónia pelo apoio e paciência prestados durante mais uma etapa do meu percurso académico.

Aos meus amigos por toda a compreensão que tiveram.

Bem Hajam!

Índice Principal

Introdução	1
I – Evolução urbana da cidade do Porto.....	4
I.1. Enquadramento histórico.....	4
I.1.i. Topografia local	4
I.1.ii. Os primórdios do Porto	6
I.2. O Porto no período situado entre o séc. XII e o séc. XVIII.....	9
I.2.i. A expansão do núcleo primitivo	10
I.3. O Porto no período situado entre o séc. XVIII e o séc. XX.....	16
I.3.i. A época Almadina.....	18
I.3.ii. Princípios fundamentais do urbanismo.....	21
I.4. O crescimento do núcleo urbano	25
I.4.i. Modernização do Centro do Porto.....	25
I.4.ii. As repercussões do crescimento urbano no séc. XX	27
II – Os edifícios antigos na cidade do Porto	33
II.1. Tipologias habitacionais	33
II.2. Caracterização dos sistemas construtivos	60
II.3. Materiais utilizados na construção de casas.....	81
II.3.i. Pedra	81
II.3.ii. Madeira	83
II.3.iii. Argamassa	85
III – Soluções de reforço em edifícios de alvenaria.....	89
III.1. O que é uma alvenaria	89
III.2. Tipos de alvenaria de pedra	90
III.3. Reforços estruturais (parede toda, incluindo a fundação)	98
III.3.i. Soluções de reforço aplicadas às fundações	98
III.3.ii. Soluções de reforço aplicadas às alvenarias	107
Conclusão	117
Bibliografia	120

Índice de Figuras

Fig. 1 - Perspectiva do centro histórico da cidade do Porto (Dias e Marques, 2002, p. 34).	4
Fig. 2 - Visualização da Rua da Pena Ventosa em “planta” (Ferreira, 1991-1992, folha nº 259)..	5
Fig. 3 - Visualização da Rua da Bainharia em “planta” (Ferreira, 1991-1992, folha nº 259).....	5
Fig. 4 - Visualização da Rua de S. Sebastião em “planta” (Ferreira, 1991-1992, folha nº 258). ...	6
Fig. 5 - Morro da Sé do Porto (Dias e Marques, 2002, p. 23).....	6
Fig. 6 - Vista aérea da cidade do Porto na actualidade (Couto).....	7
Fig. 7 – Sé Catedral do Porto (Ramos, (et al.), 1995, p. 111).	7
Fig. 8 – Visualização da cintura da muralha românica (Barroca, Carvalho e Guimarães, 1996, p. 26).	8
Fig. 9 – Planta do “Porto Medieval.” (Planta do Porto Medieval, 2000).	9
Fig. 10 – Panorama da cidade do Porto, antes das transformações urbanas do século XVIII (Ara e Cabeças, 2003, p. 15).	9
Fig. 11 – Visualização da Rua do Infante (antiga Rua Nova ou Formosa) em “planta” (Ferreira, 1991-1992, folha nº 260).	10
Fig. 12 – Rua do Infante (antiga Rua Nova ou Formosa) (Ramos, (et al.), 1995, p. 145).	10
Fig. 13 – Torre de Pedro Sem (Ramos, (et al.), 1995, p. 209).....	11
Fig. 14 – Visualização em planta da Rua das Flores (Barroca, Carvalho e Guimarães, 1996, p. 34).	12
Fig. 15 – Edifício na Rua das Flores (Dias, 1999, p. 67).	13
Fig. 16 – Edifício na Rua das Flores (Ramos, (et al.), 1995, p. 269).....	13
Fig. 17 - Edifício na Rua das Flores (Ramos, (et al.), 1995, p. 269).....	14
Fig. 18 – Antigo convento de S. Bento de Avé Maria (Dias e Marques, 2002, p. 73).....	14
Fig. 19 – Visualização e delimitação do andar superior em balanço (Dias, 1999, p. 94).	15
Fig. 20 – Casas estreitas e altas (Miragaia) (Ara e Cabeças, 2003, p. 34).....	15
Fig. 21 – Mapa do Porto com descrição de trabalhos urbanos (1760 a 1800) (Berrance, 1993, p. 22).	16
Fig. 22 – Hospital de Santo António (Dias, 1999, p. 82).....	17
Fig. 23 – Cadeia da Relação (Dias, 1999, p. 77).....	17

Fig. 24 – Antigo Teatro de S. João (Ramos, (et al.), 1995, p. 493).....	18
Fig. 25 – Mapa do Porto com descrição de edificações urbanas, (1776 a 1844) (Berrance, 1993, p. 48).	19
Fig. 26 – Visualização da Praça de Carlos Alberto (antiga Praça dos Ferradores) em “planta” (Não foi possível nos arquivos obter uma planta mais completa) (Ferreira, 1991-1992, folha nº 235).	19
Fig. 27 – Alçado para as casas da Praça dos Ferradores - (Primeira metade de planta geral do lado do Norte) (Berrance, 1993, p. 56).	20
Fig. 28 – Alçado para as casas da Praça dos Ferradores - (Segunda metade de planta geral do lado do Norte) (Berrance, 1993, p. 56).	20
Fig. 29 – Visualização em alçado da realização, reconstituição e acréscimo nas fachadas da Praça de Carlos Alberto (fachada Norte) (Berrance, 1993, p. 56).....	20
Fig. 30 – Ilha na Rua de S. Vitor (Ramos, (et al.), 1995, p. 396).	21
Fig. 31 – Ilha dos Tanques na Corticeira (Ramos, (et al.), 1995, p. 397).	22
Fig. 32 – Fábrica de Salgueiros (Ramos, (et al.), 1995, p. 440).....	22
Fig. 33 – Morro da Sé (Ramos, (et al.), 1995, p. 395).....	23
Fig. 34 – Barredo (Ramos, (et al.), 1995, p. 409).....	23
Fig. 35 – Quinta de Bonjoia (Couto).	24
Fig. 36 – Quinta de Vilar d` Allen (Couto).....	24
Fig. 37 – Construção da ponte D. Luís I (Ramos, (et al.), 1995, p. 389).....	25
Fig. 38 – Ponte D. Maria Pia (Ramos, (et al.), 1995, p. 499).....	25
Fig. 39 – Estação ferroviária de S. Bento (Dias, 1999, p. 72).....	26
Fig. 40 – Perspectiva da Avenida dos Aliados (Dias e Marques, 2002, p. 128).	26
Fig. 41 – Perspectiva aérea da mancha construída a demolir (Barroca, Carvalho e Guimarães, 1996, p. 95).	28
Fig. 42 – Caracterização do local antes das demolições (Barroca, Carvalho e Guimarães, 1996, p. 98).	29
Fig. 43 – Caracterização do local durante as demolições (A. H. M. P. <i>cit. in</i> Assunção 2010, anexo p. 62).....	29
Fig. 44 – Caracterização do local durante as demolições (A. H. M. P. <i>cit. in</i> Assunção 2010, anexo p. 62).....	30

Fig. 45 - Visualização das demolições e desaterros para a abertura da Avenida da Ponte (A. H. M. P. <i>cit. in</i> Assunção 2010, anexo p. 67).....	30
Fig. 46 - Visualização das demolições e desaterros para a abertura da Avenida da Ponte (A. H. M. P. <i>cit. in</i> Assunção 2010, anexo p. 67).....	31
Fig. 47 - Visualização das demolições e desaterros para a abertura da Avenida da Ponte (A. H. M. P. <i>cit. in</i> Assunção 2010, anexo p. 67).....	31
Fig. 48 – Visualização da abertura da Avenida da Ponte (A. H. M. P. <i>cit. in</i> Assunção 2010, anexo p. 68).	32
Fig. 49 – Perspectiva aérea do Morro da Sé e da Avenida da Ponte, na fase após as demolições (A. H. M. P. <i>cit. in</i> Assunção 2010, anexo p. 68).....	32
Fig. 50 – Casas do Porto do séc. XVII.....	34
Fig. 51 – Casas do Porto do séc. XVIII.....	34
Fig. 52 – Casas do Porto do séc. XVIII.....	35
Fig. 53 – Alçados de casas dos sécs. XVII e XVIII, com a ocorrência de alterações no séc. XIX (Livro “Plantas de casas” n.º 11, AHMP <i>cit. in</i> Fernandes 1999, p. 97).....	36
Fig. 54 – Períodos correspondentes à mancha construída, na cidade do Porto (Fernandes, 1999, p. 84).	37
Fig. 55 – Localização das zonas de expansão almadina (Fernandes, 1999, p. 147).	37
Fig. 56 – Características de implantação dos conjuntos edificados na zona de Ribeira / Barredo (Ferreira, 1991-1992, folha nº 260).	38
Fig. 57 – Características de implantação dos conjuntos edificados na zona de Miragaia (Ferreira, 1991-1992, folha nº 238).	39
Fig. 58 – Visualização de estrutura porticada em arco na zona frontal (Galhano e Oliveira, 1958, p. 658).	39
Fig. 59 – Características de implantação dos conjuntos edificados na zona da Sé (Ferreira, 1991-1992, folha nº 259).....	40
Fig. 60 – Características gerais dos edifícios, do período do mercantilismo (Fernandes, 1999, p. 132).	41
Fig. 61 – Edifícios do período do mercantilismo, com três vãos (Fernandes, 1999, p. 134).....	42
Fig. 62 – Características de localização da caixa de escadas, em edifícios com mais de dois pisos (Fernandes, 1999, p. 135).	43
Fig. 63 – Características de localização da caixa de escadas, em edifícios com dois pisos (Fernandes, 1999, p. 136).	44

Fig. 64 – Características resultantes da duplicação da habitação com uma frente (Fernandes, 1999, p. 138).	45
Fig. 65 – Integração do logradouro no conjunto habitacional (Fernandes, 1999, p. 139).....	46
Fig. 66 – Visualização dos conjuntos edificados, em Miragaia.	47
Fig. 67 – Visualização dos conjuntos edificados, em Miragaia.	48
Fig. 68 – Visualização dos conjuntos edificados, na Praça da Ribeira.....	48
Fig. 69 – Desenhos de alçados de conjunto, durante o período almadino (Berrance <i>cit. in</i> Fernandes 1999, p. 150).....	49
Fig. 70 – Visualização de características formais da “Ordem do Carmo”.	50
Fig. 71 – Visualização em planta e corte do logradouro (Fernandes, 1999, p. 156).....	51
Fig. 72 – Visualização em planta e corte do logradouro, com saguão enquadrado (Fernandes, 1999, p. 157).	52
Fig. 73 – Visualização em excertos da planta de 1892, das características gerais da implantação do edificado nos lotes, nas Ruas da Boavista, Cedofeita, Almada e Santa Catarina (Ferreira <i>cit. in</i> Fernandes 1999, p. 159).....	53
Fig. 74 – Visualização de três vãos na fachada principal.....	54
Fig. 75 – Visualização de padieiras em arco.....	55
Fig. 76 – Visualização das varandas corridas, entre duas paredes de meiação de um edifício...	55
Fig. 77 – Utilização do ferro no preenchimento das sacadas de um edifício.....	56
Fig. 78 – Visualização do beiral em telha canal e coberta (Teixeira, 2004, p. 195).	57
Fig. 79 – Visualização de cornijas, nos remates superiores do edifício.	57
Fig. 80 – Visualização de edifícios habitacionais da época do liberalismo, que representam a continuidade do período almadino (Livro “Plantas de casas” n.º 76 <i>cit. in</i> Fernandes 1999, p. 183).	58
Fig. 81 – Visualização da ocorrência de algumas alterações no conjunto edificado e associação de dois lotes confinantes (Livro “Plantas de casas” n.º 188 <i>cit. in</i> Fernandes 1999, p. 184).....	59
Fig. 82 – Visualização da ocorrência de algumas alterações nos dois edifícios confinantes e simétricos (Livro “Plantas de casas” n.º 188 <i>cit. in</i> Fernandes 1999, p. 185).	60
Fig. 83 – Materiais de composição das paredes de fachada num máximo de dois ou três pisos (Maqueta realizada por um grupo de alunos do ano lectivo 2001/2002 <i>cit. in</i> Teixeira 2004, p. 107).	61

Fig. 84 – Visualização de um pormenor de parede de fachada, com a janela a garantir a protecção do vão (Teixeira, 2004, p. 110).....	62
Fig. 85 – Visualização de um corte de parede de fachada principal e da distribuição da espessura das partes que compõem as paredes (Teixeira, 2004, p. 108).	63
Fig. 86 – Visualização da constituição das paredes em tabique realizadas em tabuado simples.	64
Fig. 87 – Visualização da constituição das paredes em tabique executadas em duplo tabuado.	65
Fig. 88 – Visualização da constituição das paredes em tabique misto (Carvalho, Guimarães e Barroca, 1996, p.28).....	66
Fig. 89 – Visualização da constituição das paredes em tabique misto (Carvalho, Guimarães e Barroca, 1996, p.28).....	66
Fig. 90 – Visualização de um piso acrescentado em tabique, sobre pisos construídos em granito, em Miragaia (Diogo, 2010, p. 76).	67
Fig. 91 – Parede de fachada em tabique simples, composta por prumos, duplo tabuado colocado na vertical e diagonal e com pregagem de fasquios horizontais, revestidos a reboco (Teixeira, 2004, p. 114).....	68
Fig. 92 – Parede de fachada em tabique simples, constituída de igual modo à parede anterior (Teixeira, 2004, p. 114).....	69
Fig. 93 – Parede de fachada em tabique simples reforçado, constituída por prumos, travessanhos e escoras, com tijolo maciço no seu enchimento (Teixeira, 2004, p. 114).....	70
Fig. 94 – Parede de fachada em tabique simples reforçado, composta por prumos, frechais, travessanhos, vergas e escoras, com ripado horizontal no interior e tabuado colocado nos dois lados, com aplicação de soletos de ardósia pelo exterior (Maqueta realizada por um grupo de alunos do ano lectivo 2002/2003 <i>cit. in</i> Teixeira 2004, p. 116).	70
Fig. 95 – Características gerais da constituição estrutural dos pisos ou sobrados (Maqueta elaborada por um grupo de alunos do ano lectivo 2001/2002 <i>cit. in</i> Teixeira 2004, p. 90).....	71
Fig. 96 – Visualização da colocação de uma viga, junto da parede da fachada principal (Teixeira, 2004, p. 91).	72
Fig. 97 – Pormenor de um tecto revestido em fasquios, com revestimento e acabamento em gesso (Foto de um grupo de alunos do ano lectivo 2002/2003 <i>cit. in</i> Teixeira 2004, p. 95).	73
Fig. 98 – Acabamento de um tecto com diversos motivos em estuque (Foto de um grupo de alunos do ano lectivo 2002/2003 <i>cit. in</i> Teixeira 2004, p. 95).	73
Fig. 99 – Visualização de uma asna sem nível (Teixeira, 2004, p. 98).....	74
Fig. 100 – Visualização de uma asna com nível (Teixeira, 2004, p. 98).....	74

Fig. 101 – Pormenor de uma asna mais complexa, constituída por linha, pendural e escoras (Desenho elaborado por um grupo de trabalho do ano lectivo 2001/ 2002 <i>cit. in</i> Teixeira 2004, p. 100).	75
Fig. 102 – Pormenor de uma asna mais complexa elaborada em paus rolados.....	75
Fig. 103 – Pormenor da estrutura de uma cobertura de quatro águas e visualização de uma asna complexa executada em vigamento de madeira esquadriado (Maqueta realizada por um grupo de alunos do ano lectivo 2002/2003 <i>cit. in</i> Teixeira 2004, p. 102).....	76
Fig. 104 – Visualização de um corte de asna, na execução de cobertura de duas águas. Legenda: 1 – Algeroz, 2 – Tábua de Barbate, 3 – Telha Marselha, 4 – Vara, 5 – Contra frechal, 6 – Viga de apoio da estrutura do tecto, 7 – Barrote, 8 - Madre (Teixeira, 2004, p. 100).....	77
Fig. 105 – Formato circular ou elíptico da clarabóia.	77
Fig. 106 – Visualização na parte superior do desenho, da constituição estrutural da clarabóia. Legenda: 1 – Contra frechal, 2 – Vara, 3 – Barrote cadeia, 4 – Travessanho da estrutura da clarabóia, 5 – Tabuado, 6 – Aduela, 7 – Frechal de coroamento, 8 – Perna da asna, 9 – Madre, 10 – Calço, 11 – Escora, 14 – Frechal, 15 – Cadeira da clarabóia (Teixeira, 2004, p. 130).	78
Fig. 107 – Pormenor da estrutura de uma cobertura de quatro águas e visualização da estrutura da clarabóia, com o tabuado e os fasquios colocados na diagonal (Maqueta realizada por um grupo de alunos do ano lectivo 2002/2003 <i>cit. in</i> Teixeira 2004, p. 138).	79
Fig. 108 – Vista do apoio das três vigas pernas, nas cadeias e chinchareis dos patamares de piso e dos patamares intermédios.	80
Fig. 109 – Visualização das cadeias dos patamares de piso a apoiarem nas vigas dos pisos, e do apoio dos chinchareis nas cadeias e nas paredes de empena.....	80
Fig. 110 – Visualização da parede da caixa de escadas a suportar a cadeia dos patamares intermédios.	81
Fig. 111 – Visualização de uma estrutura em alvenaria de pedra e materiais constituintes (pedra, argamassa e vazios) (Binda et al <i>cit. in</i> Roque 2002, p. 4).....	89
Fig. 112 – Atribuição das designações dos alçados, quanto ao tipo de aparelho (GNDT <i>cit. in</i> Roque 2002, p. 12).	91
Fig. 113 – Análise do alçado, relativamente ao tipo de assentamento (GNDT <i>cit. in</i> Roque 2002, p. 12).	92
Fig. 114 – Designação das tipologias, quanto a análise da secção transversal (GNDT <i>cit. in</i> Roque 2002, p. 14).	93
Fig. 115 – Alçado em alvenaria ordinária - zona da Sé.....	94
Fig. 116 – Alçado basicamente composto em alvenaria de pedra aparelhada (juntas alinhadas) - zona do Barredo.	94

Fig. 117 – Alçado em alvenaria de pedra aparelhada (juntas desalinhas) - Rua do Infante D. Henrique.....	95
Fig. 118 – Alçado em cantaria - zona da Ribeira.	95
Fig. 119 – Visualização do uso de calços ou cunhas na parte superior e disposição aleatória na parte inferior do alçado - zona do Barredo.....	96
Fig. 120 – Visualização da secção transversal em perpianho, de uma parede (Mota, 2009, p. 42).	97
Fig. 121 – Visualização da secção transversal em perpianho, de uma parede (Mota, 2009, p. 47).	97
Fig. 122 – Visualização de casos que possam obrigar ao reforço de fundações (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 598).	98
Fig. 123 – Situação de aumento de pé-direito de sótão em alvenaria de tijolo sobre estrutura em gaiola (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 598).....	99
Fig. 124 – Situação de aumento de número de pisos (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 599).....	99
Fig. 125 – Visualização de ensaio triaxial para determinação da resistência do solo (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 599).....	101
Fig. 126 – Visualização da retirada de água da escavação, através de well-point ou agulha filtrante (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 600).	101
Fig. 127 – Visualização de armadura de lintel de betão para confinamento de fundação de parede de alvenaria (Alvenobra <i>cit. in</i> Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 600).	102
Fig. 128 – Operação de recalçamento de fundação de alvenaria (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 601).	103
Fig. 129 – Operação de confinamento e prolongamento de fundação de alvenaria (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 601).....	103
Fig. 130 – Visualização de reforço de fundação de parede de alvenaria com micro-estacas e lintel de fundação ancorado (Bel, S.A. <i>cit. in</i> Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 602).	104
Fig. 131 – Operação de elaboração de microestacas e recalçamento de fundação (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 603).	105
Fig. 132 – Visualização de solo reforçado com jet grouting (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 603).	106
Fig. 133 – Operação de injeção em fundação de alvenaria (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 604).	107
Fig. 134 – Intervenção de reparação para substituir o revestimento em fachada de alvenaria (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 605).	108

Fig. 135 – Perfis metálicos colocados para aumento da capacidade resistente de paredes de alvenaria e ligação entre paredes ortogonais (Alvenobra <i>cit. in</i> Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 606).	109
Fig. 136 – Visualização da aplicação das faixas de material compósito nos nembos (Cóias, 2007, p. 173).	110
Fig. 137 – Colocação de redes metálicas e projecção de betão para consolidação e aumento da capacidade resistente da parede de alvenaria (Alvenobra <i>cit. in</i> Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 606).	110
Fig. 138 - Colocação de redes metálicas e projecção de betão para consolidação e aumento da capacidade resistente da parede de alvenaria (Alvenobra <i>cit. in</i> Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 606).	111
Fig. 139 – Visualização de perfis metálicos para aumento da capacidade resistente da parede em local de abertura do vão (A. Ludgero Castro <i>cit. in</i> Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 607)...	111
Fig. 140 – Visualização de aplicação de injecções de consolidação em parede de alvenaria de pedra (Bel, S. A. <i>cit. in</i> Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 607).	112
Fig. 141 – Visualização da correcção de fendas antecedente à injecção (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 609).	112
Fig. 142 – Visualização da correcção de fendas em elementos estruturais de pedra (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 609).	112

Índice de tabelas

Tabela 1 – Valores das densidades médias, das madeiras utilizadas nas antigas casas burguesas do Porto (Segurado, pp. 243-244).....	85
---	----

Introdução

- Enquadramento

A reabilitação pode ser definida como um leque de acções cujo objectivo consiste em garantir a funcionalidade de um edifício ou de um conjunto urbano. No caso de edifícios históricos, a reabilitação é perspectivada como um processo que visa assegurar o funcionamento eficiente dos edifícios, mediante reparações, alterações e acrescentos. Porém, as alterações efectuadas devem preservar simultaneamente as características que definem o valor histórico, cultural e arquitectónico do conjunto edificado (Cóias, 2007, p.362).

Comparativamente com outros países da Europa (Espanha, França e Alemanha) a reabilitação em Portugal ainda constitui um nicho de mercado a ser explorado e, apesar da sua entrada de forma gradual, ainda se verifica um ritmo de crescimento lento. Esta situação poderá ser invertida através do investimento em estudos aprofundados sobre esta temática. No entanto, torna-se um desafio, uma vez que a comunidade científica, ainda, possui escassa informação sobre este tema.

Contudo, e atendendo ao contexto socio-económico actual, os cidadãos devem tomar consciência de que é preciso conservar o conjunto edificado deixado pelos seus antepassados. A preservação do património é simultaneamente um acto de cultura e de sustentabilidade perante a protecção do meio ambiente.

Uma vez que o tema do trabalho direcciona-se para a reabilitação do edificado antigo, tornou-se fundamental adquirir conhecimentos dos sistemas construtivos utilizados em edifícios antigos em alvenaria de pedra e dos materiais aplicados. Perante esta situação, deve-se procurar encontrar as fundamentações teóricas de modo a sustentar as características encontradas e no futuro procurar evitar adulteração das características originais dos conjuntos edificados.

Os sistemas construtivos antigos e as alvenarias de pedra não se encontram apenas nos centros históricos, mas também em áreas suburbanas, nomeadamente no edificado rural (património vernacular), que segundo Queiroz e Portela (2009, pp. 160-161) está cada vez mais ameaçado e obsoleto. Por isso, as práticas ou as acções de reabilitação devem estender-se a estas novas áreas, de forma a minimizar a perda de identidade e características peculiares destes locais.

- Objectivos

A dissertação teve como objectivo principal descrever algumas soluções de reforço estrutural aplicadas às fundações e alvenarias de edifícios antigos. Inicialmente e durante a elaboração do trabalho foi proposto analisar um caso prático de estudo, localizado na cidade do Porto, e, eventualmente, aliar a análise teórica com a realidade prática.

Uma vez que este objectivo não foi concretizado, foi realizada uma investigação aos edifícios antigos e à evolução urbana da cidade do Porto. Estes estudos alargaram o conhecimento relativamente aos conjuntos edificados e das características fisionómicas da cidade do Porto.

- Metodologia

A metodologia seguida para a elaboração da dissertação teve como factores primordiais a pesquisa, a recolha e a selecção bibliográfica direccionada principalmente para a evolução urbana e edifícios antigos da cidade do Porto, mas também para o tema principal do trabalho que é a reabilitação estrutural de alvenarias de edifícios antigos. Esta actividade foi realizada no sentido de melhorar e apoiar a investigação e de forma a compilar o máximo de informação possível relativamente ao tema.

Durante a elaboração do trabalho, foram visitados edifícios antigos e algumas ruas com casas em alvenaria de pedra à vista no centro histórico da cidade do Porto, nos quais foi realizado um registo fotográfico. Através das imagens obtidas procedeu-se à sua observação de forma a serem incluídas em algumas partes do trabalho, tais como na descrição das tipologias habitacionais, sistemas construtivos e tipos de alvenaria em edifícios antigos do centro histórico da cidade do Porto.

A informação recolhida foi obtida da consulta de livros, teses, dissertações, monografias, sites, revistas, entre outros. A documentação analisada fortaleceu a investigação, mas também constituiu um dos principais alicerces teórico-práticos para a concretização do trabalho, sem os quais não seria possível.

No decorrer da dissertação houve um cuidado contínuo por parte do mestrando em organizar e catalogar os dados recolhidos.

- Estruturação do texto

A presente dissertação é formada por cinco capítulos.

O primeiro capítulo, relativo à introdução é constituído pelas seguintes partes: enquadramento, objectivos e metodologia.

O segundo capítulo, referente à evolução urbanística da cidade do Porto enfoca a topografia local do núcleo primitivo e os seus primórdios; descreve a expansão do núcleo primitivo do séc. XII ao séc. XVIII; refere o desenvolvimento da cidade do séc. XVIII ao séc. XX, com destaque para a importância da época Almadina; e por último, o alargamento do núcleo urbano, onde é abordada a modernização do centro do Porto e as repercussões do seu crescimento.

O terceiro capítulo é dedicado ao estudo dos edifícios antigos na cidade do Porto, onde são descritas as tipologias habitacionais, tal como os sistemas construtivos e as características dos principais materiais utilizados na construção de casas.

O quarto capítulo apresenta algumas soluções de reforço estrutural aplicadas às fundações e às alvenarias de pedra e também refere a definição e os tipos de alvenaria de pedra existentes.

O quinto capítulo refere-se à conclusão.

I – Evolução urbana da cidade do Porto

I.1. Enquadramento histórico

I.1.i. Topografia local

Segundo a descrição de Mocho (2005, p. 14), “ (...) o centro histórico da cidade do Porto localiza-se na margem direita do rio Douro, a cerca de 4 km da sua foz e está implantado numa base granítica”, fig. 1, e teve início no Morro da Pena Ventosa.

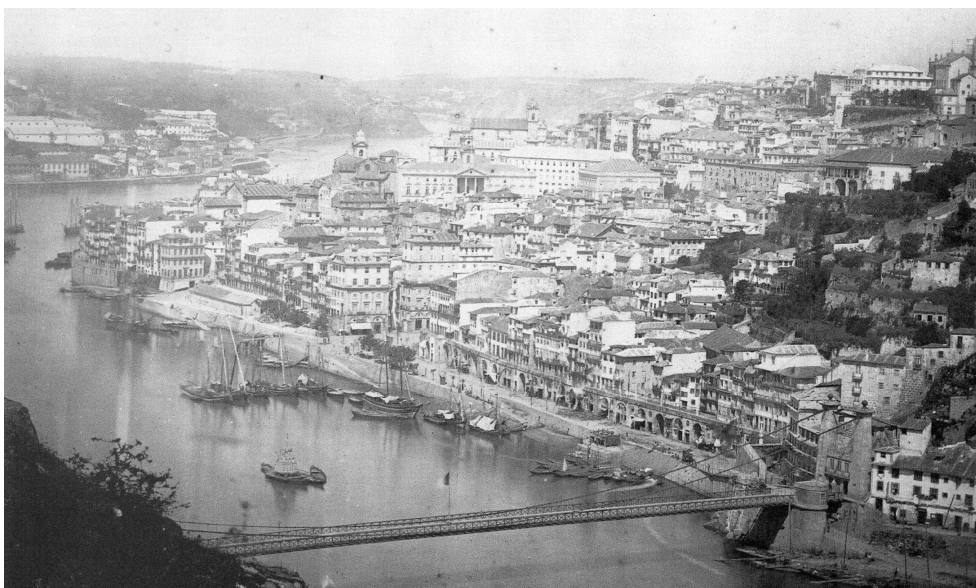


Fig. 1 - Perspectiva do centro histórico da cidade do Porto (Dias e Marques, 2002, p. 34).

A localização da cidade foi considerada privilegiada do ponto de vista estratégico essencialmente por razões de carácter defensivo, pela facilidade no estabelecimento de ligações com outros locais, e também por ser um local rodeado por três cursos de água, sendo eles um pequeno ribeiro a nascente, o rio da Vila a oeste e o rio Douro a sul.

O Morro da Pena Ventosa (fig.2), apesar de ser um local de difícil acesso, rodeado por acidentes naturais, apresenta uma boa plataforma de suporte para a implantação de casas e construção de ruas. As vias de acesso acompanham as curvas de nível nas encostas e por isso formam itinerários de envolvimento (p. ex: Bainharia (fig.3), S. Sebastião (fig. 4)) ou cortam perpendicularmente o declive, o que facilita os acessos directos. A fixação de pessoas acontece na plataforma superior (Sé), nas estreitas plataformas artificiais, a um nível inferior em redor do Largo da Sé e ao longo das vias de acesso



Fig. 6 - Vista aérea da cidade do Porto na actualidade (Couto).

No séc. XII, foi edificada a catedral românica (fig. 7) e reconstruída a primeira cintura da muralha à volta do “Morro da Sé do Porto,” designada de muralha românica (fig. 8) (Mocho, 2005, p. 15).



Fig. 7 – Sé Catedral do Porto (Ramos, (et al.), 1995, p. 111).

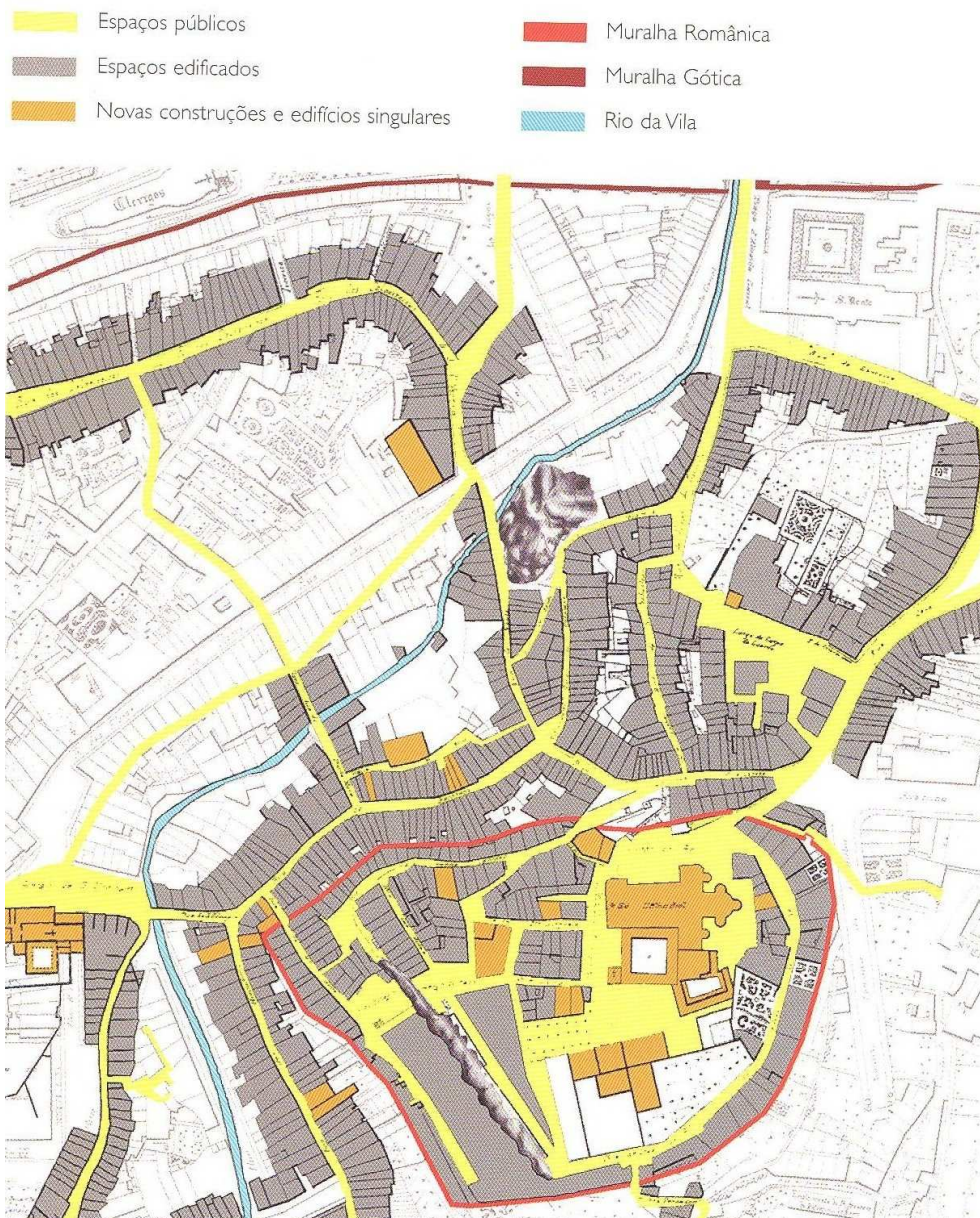


Fig. 8 – Visualização da cintura da muralha românica (Barroca, Carvalho e Guimarães, 1996, p. 26).

Exterioirmente ao burgo, a paisagem era marcada pelo ruralismo, constituída por mata, horta e pomares. Simultaneamente acontecia a expansão do casario até às margens do rio, onde as práticas ligadas às fainas fluviais e à construção naval ganharam importância no contexto organizacional da zona ribeirinha, (fig. 9) (Carvalho e Marques *cit. in* Mocho 2005, p. 16).



Fig. 9 – Planta do “Porto Medieval.” (Planta do Porto Medieval, 2000).

I.2. O Porto no período situado entre o séc. XII e o séc. XVIII

A Sé revelou-se um elemento aglutinador da vida do burgo, do desenvolvimento e expansão. Foi a partir da Sé que foi estruturada a malha urbana, no conjunto das vias de ligação com outros territórios (fig. 10) (Mocho, 2005, p. 16).



Fig. 10 – Panorama da cidade do Porto, antes das transformações urbanas do século XVIII (Ara e Cabeças, 2003, p. 15).

I.2.i. A expansão do núcleo primitivo

O século XIV trouxe um novo fôlego de desenvolvimento à cidade com o crescimento e o desenvolvimento do porto fluvial. Surgiu uma nova burguesia mercantil, endinheirada e com vontade de construir novas casas. Surgiu uma artéria luxuosa que viria alterar o quadro urbanístico ribeirinho denominada de Rua Nova ou Formosa (figs. 11 e 12). Esta rua representa uma mudança arquitectónica através da construção de casas com escadas, tabuados, armários, chaminés, entre outros elementos (Mocho, 2005, p. 17).



Fig. 11 – Visualização da Rua do Infante (antiga Rua Nova ou Formosa) em “planta” (Ferreira, 1991-1992, folha nº 260).

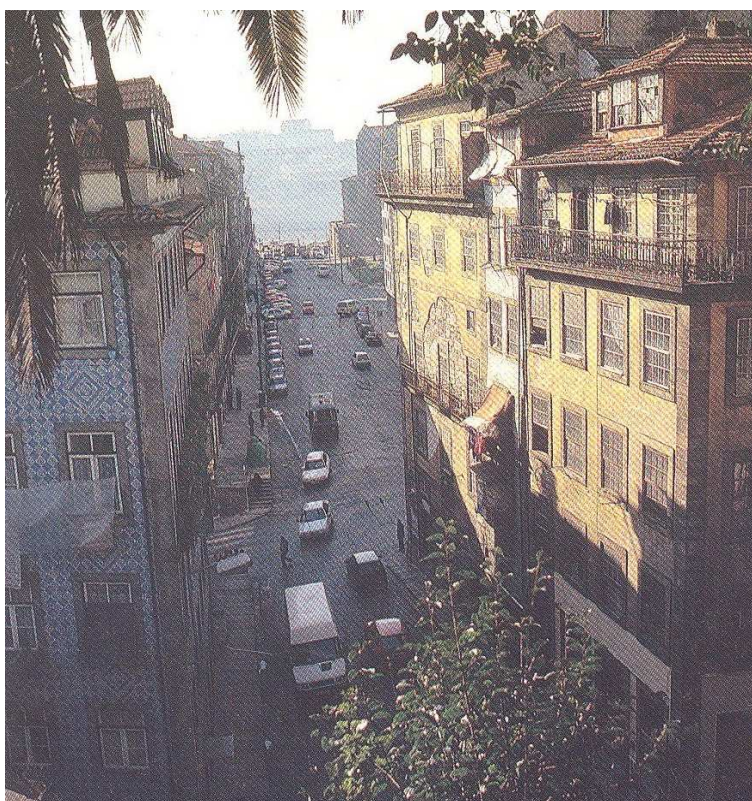


Fig. 12 – Rua do Infante (antiga Rua Nova ou Formosa) (Ramos, (et al.), 1995, p. 145).

Até ao séc. XV as casas, com um ou dois sobrados, eram construídas em madeira ou tabique com coberturas de colmo ou outras coberturas vegetais. Só nas casas mais ricas se utilizava a pedra, (algumas altas de 3 e mais pisos) e cobertas de telha. Exemplos deste tipo existem (casas torre (fig. 13)) na rua dos Mercadores, na rua Escura e na rua Cruz do Souto. Em termos arquitectónicos, estas construções assemelhavam-se a fortalezas, de fachada maciça e aberturas estreitas (Mocho, 2005, p. 19).

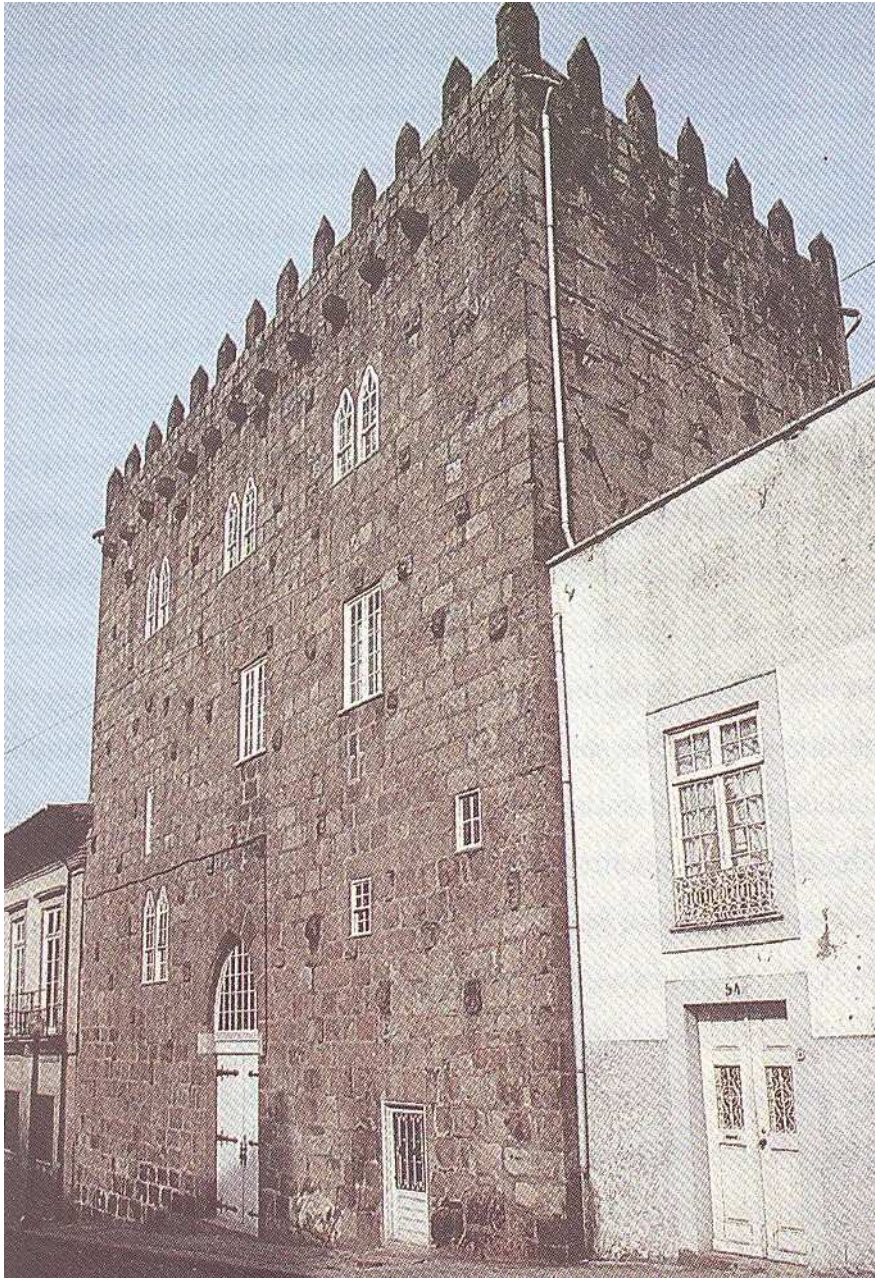


Fig. 13 – Torre de Pedro Sem (Ramos, (et al.), 1995, p. 209).

No séc. XVI devido ao aumento da entrada dos produtos na Alfândega e à necessidade de facilitar o seu escoamento foi construída uma nova rua, a actual rua das Flores entre 1521 e 1525, fig. 14. A construção desta rua teve repercussões urbanísticas, uma vez que foi necessário encanar um troço do rio da Vila, devido à sobreposição do traçado da rua em relação ao do rio (Marques *cit. in* Mocho 2005, p. 17).

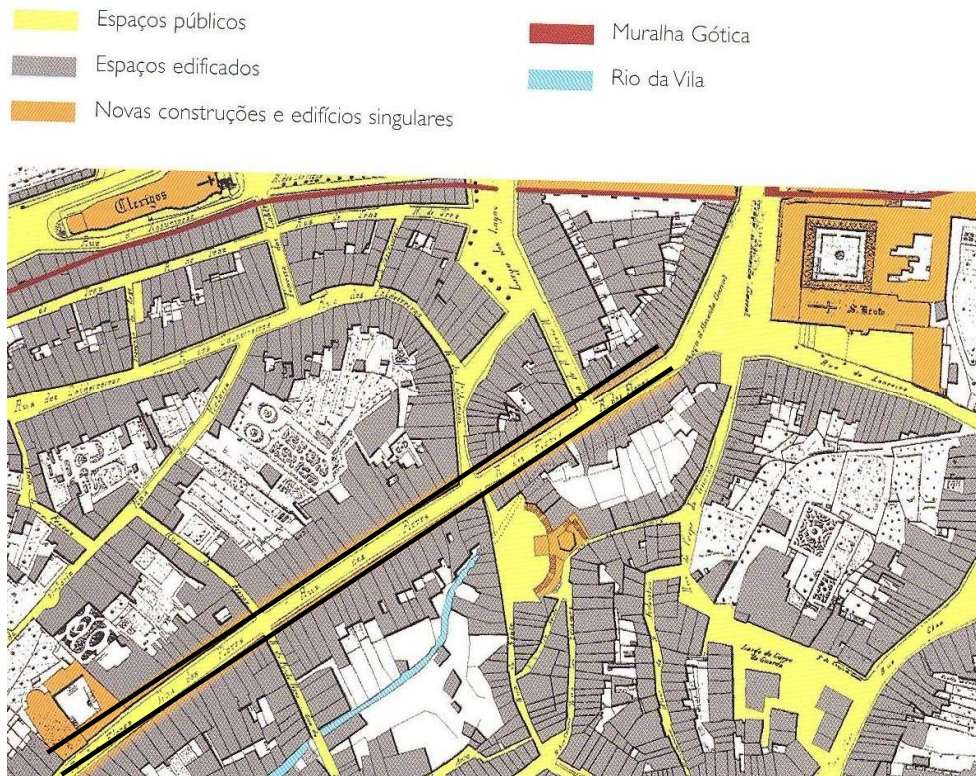


Fig. 14 – Visualização em planta da Rua das Flores (Barroca, Carvalho e Guimarães, 1996, p. 34).

Estes novos traçados urbanísticos foram sendo preenchidos com edificações ricas e opulentas (figs. 15, 16 e 17), reflexo do poderio económico da sociedade burguesa emergente. Para além das casas particulares, foram construídos conventos (Monchique, Loios e S. Bento de Avé-Maria (fig. 18)), hospitais (Misericórdia e D. Lopo) e albergarias. Estas novas edificações exemplificavam os gostos típicos de uma burguesia mercantil que cultivava um estilo de vida e cultura renascentistas (Marques *cit. in* Mocho 2005, p. 18).



Fig. 15 – Edifício na Rua das Flores (Dias, 1999, p. 67).



Fig. 16 – Edifício na Rua das Flores (Ramos, (et al.), 1995, p. 269).

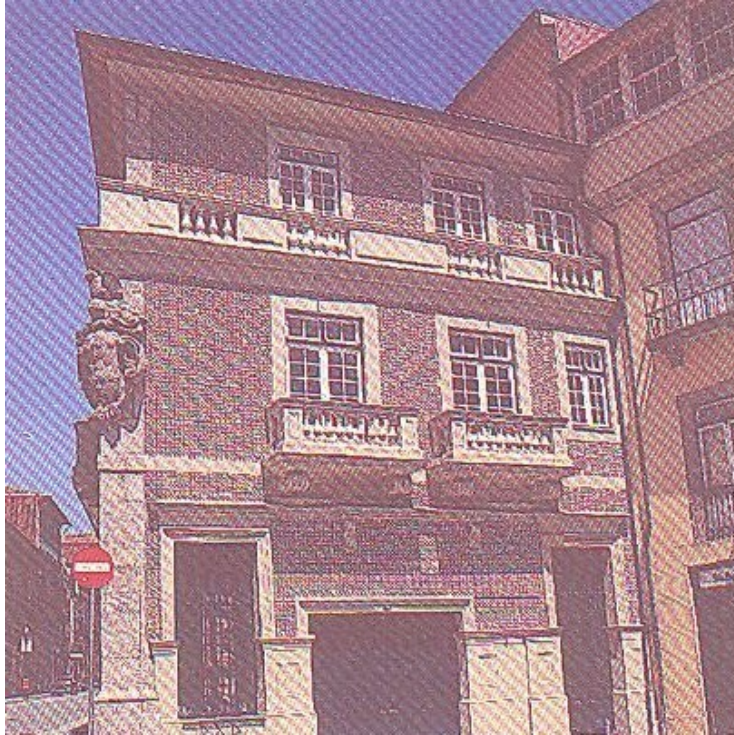


Fig. 17 - Edifício na Rua das Flores (Ramos, (et al.), 1995, p. 269).



Fig. 18 – Antigo convento de S. Bento de Avé Maria (Dias e Marques, 2002, p. 73).

Como as ruas eram estreitas, os andares superiores eram muitas vezes em balanço (fig. 19), sobrepondo-se ao andar inferior para melhor aproveitamento do espaço, tornando as ruas mais sombrias (Carvalho *cit. in* Mocho 2005, p. 19).



Fig. 19 – Visualização e delimitação do andar superior em balanço (Dias, 1999, p. 94).

A cidade do Porto (tal como muitas outras cidades) resolveu o seu problema de espaço com a construção em altura, nomeadamente com casas estreitas e altas, com dois ou três andares, fora os acréscimos (recuados) e oficina no rés-do-chão, fig. 20. Estas casas marcam ainda hoje o ambiente urbano do centro histórico da cidade do Porto (Mocho, 2005, pp. 23-24).



Fig. 20 – Casas estreitas e altas (Miragaia) (Ara e Cabeças, 2003, p. 34).

Durante o reinado dos Filipes, os espaços públicos foram reordenados, houve melhoramento das calçadas, do abastecimento de água e dos cais de acostagem, tendo sido também construído o Tribunal da Relação. Tudo isto reflectia a importância da sociedade civil da cidade do Porto (Mocho, 2005, p. 18).

O processo de desenvolvimento urbanístico do Porto no séc. XVIII deveu-se à prosperidade do comércio inglês e à produção vinícola do vinho do Porto (Marques *cit. in* Mocho 2005, p. 18).

I.3. O Porto no período situado entre o séc. XVIII e o séc. XX

O aumento da população levou a que na segunda metade do séc. XVIII a cidade sofresse obras de requalificação urbanística na zona intramuros, fig. 21. Foi reformulada a Praça da Ribeira e abertas algumas novas ruas, nomeadamente a rua de S. João e a rua de Santa Catarina (Mocho, 2005, p. 19).

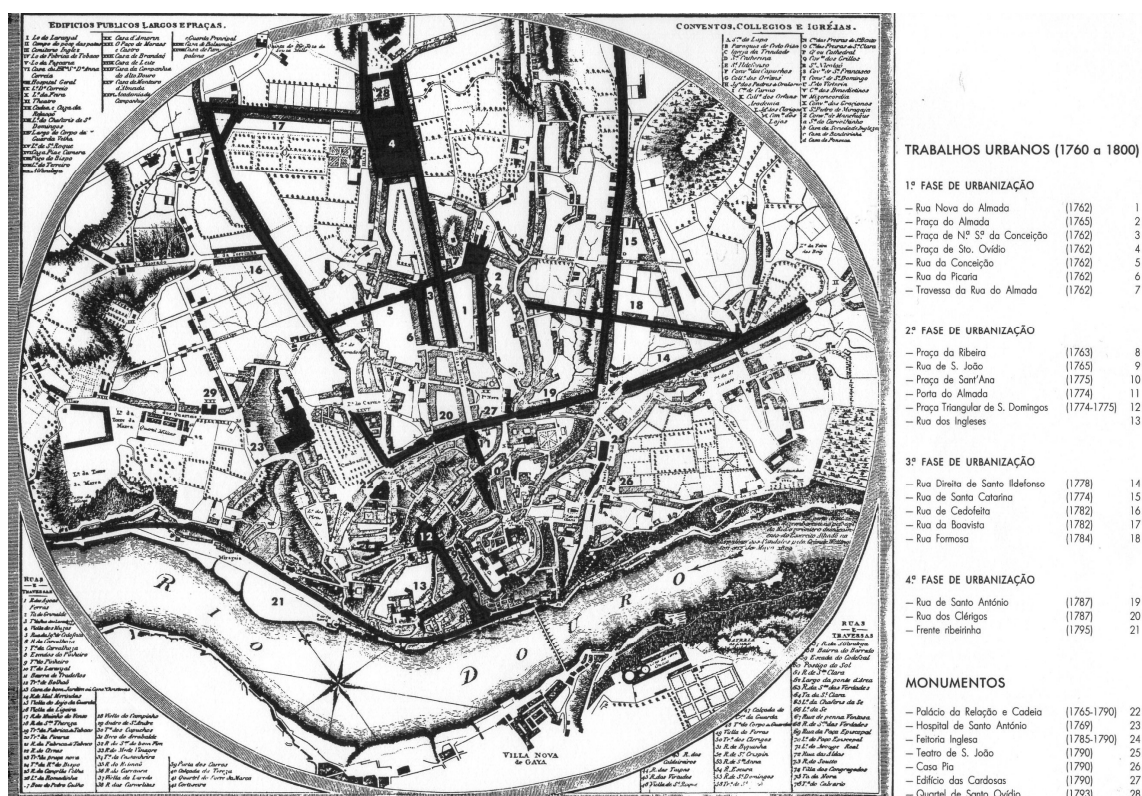


Fig. 21 – Mapa do Porto com descrição de trabalhos urbanos (1760 a 1800) (Berrance, 1993, p. 22).

Foram criadas algumas infraestruturas, entre as quais se destacam: o Hospital de Santo António (fig. 22), a nova Cadeia da Relação (fig. 23) e o Teatro de S. João (fig. 24)

(Mocho, 2005, pp. 19-20). Este crescimento populacional influenciou o tipo de habitação que passou a ser em altura, favorecendo o alargamento de zonas residenciais periféricas, por exemplo em Cedofeita (Marques *cit. in* Mocho 2005, p. 20).

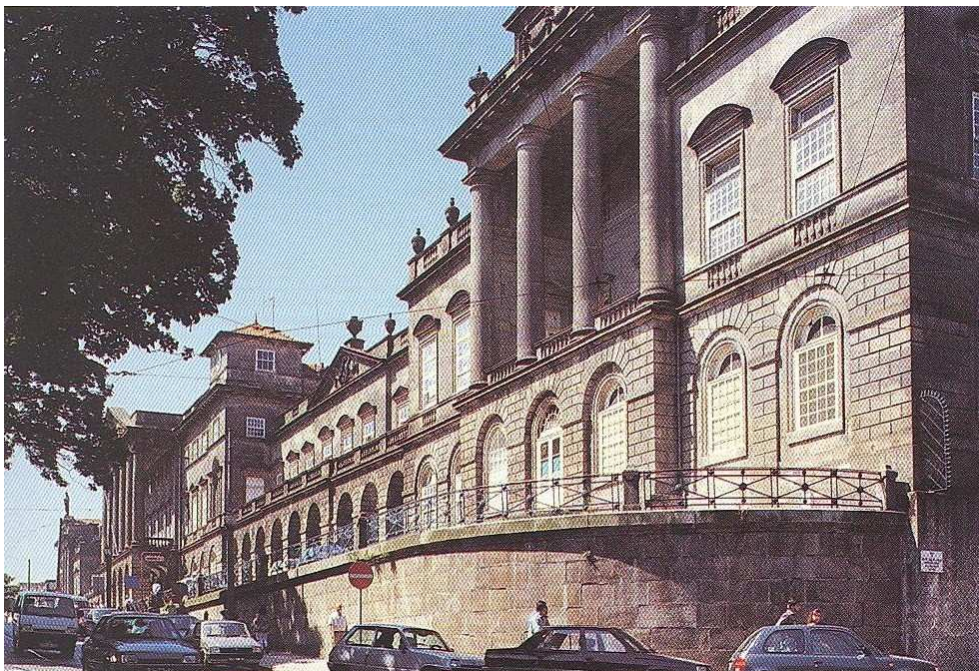


Fig. 22 – Hospital de Santo António (Dias, 1999, p. 82).



Fig. 23 – Cadeia da Relação (Dias, 1999, p. 77).

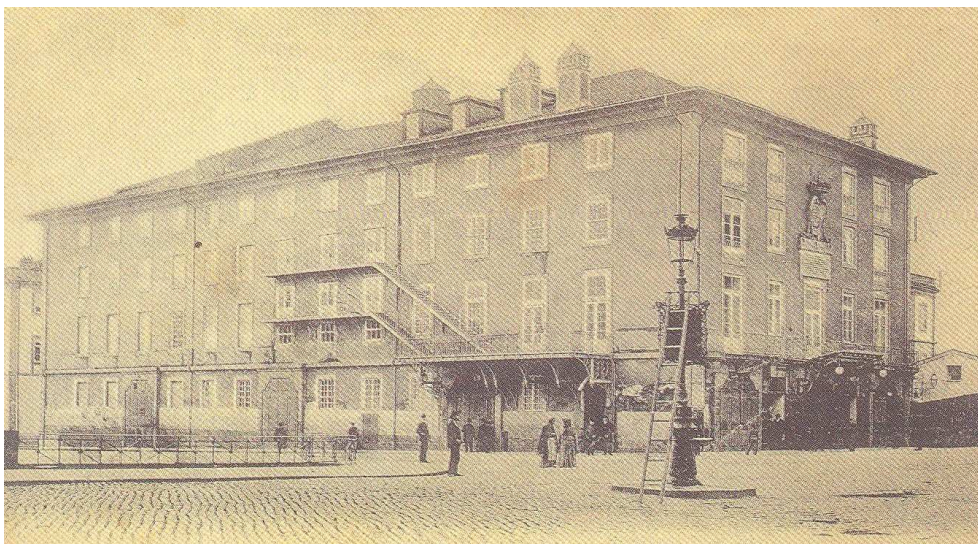


Fig. 24 – Antigo Teatro de S. João (Ramos, (et al.), 1995, p. 493).

I.3.i. A época Almadina

Na sequência do terramoto de 1755 e, embora as repercussões do mesmo tivessem sido mínimas no Porto, o poder central decidiu implementar ações de renovação urbana. Neste sentido, em 1763 foi criada a Junta das Obras Públicas pelo governador João de Almada, com o objectivo de elaborar planos e realizar obras na cidade que apresentava aspecto medieval (Mocho, 2005, p. 20). Foram feitas algumas demolições no burgo medieval para facilitar a requalificação urbana e arquitectónica da cidade, bem como foram definidas regras para as expropriações das casas e a definição das cérceas dos edifícios (definição das alturas máximas permitidas) (Alves e Ferrão *cit. in* Mocho 2005, p. 21), fig. 25. Durante a terceira fase de urbanização na Praça dos Ferradores (fig. 26) foram realizados dois projectos (figs. 27, 28 e 29) no lado Norte por Joaquim da Costa Lima Júnior, em 1838. Os parâmetros contidos no projecto resumem-se em grande parte às regras de composição das fachadas e alguns princípios do ordenamento. Contudo pode-se verificar que no projecto foi dada a atenção à cércea, a relação entre cheios e vazios, o número de vãos das fachadas e varandas contínuas no 2º, 3º e 4º piso (Berrance, 1993, p. 56).

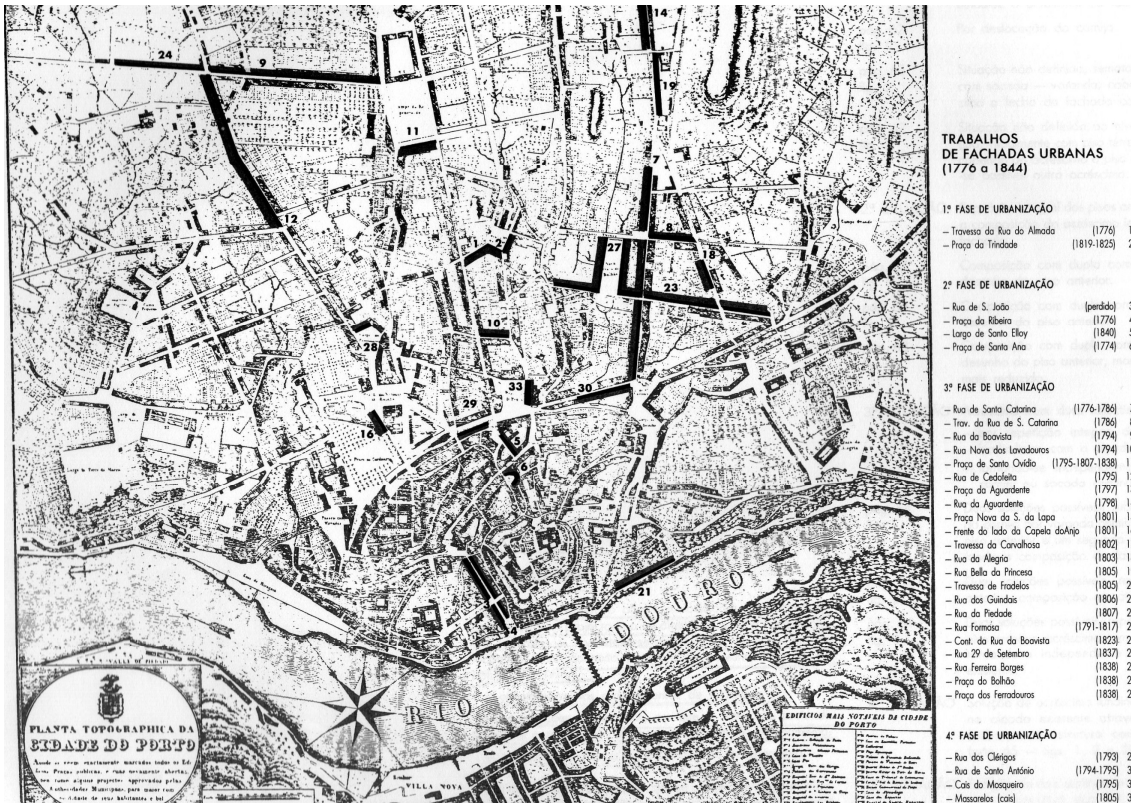


Fig. 25 – Mapa do Porto com descrição de edificações urbanas, (1776 a 1844) (Berrance, 1993, p. 48).

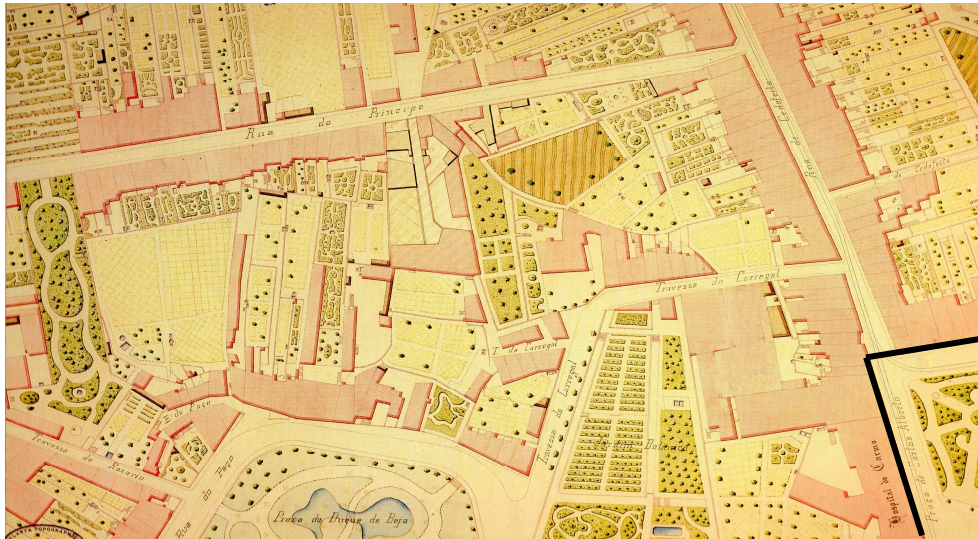


Fig. 26 – Visualização da Praça de Carlos Alberto (antiga Praça dos Ferradores) em “planta” (Não foi possível nos arquivos obter uma planta mais completa) (Ferreira, 1991-1992, folha nº 235).

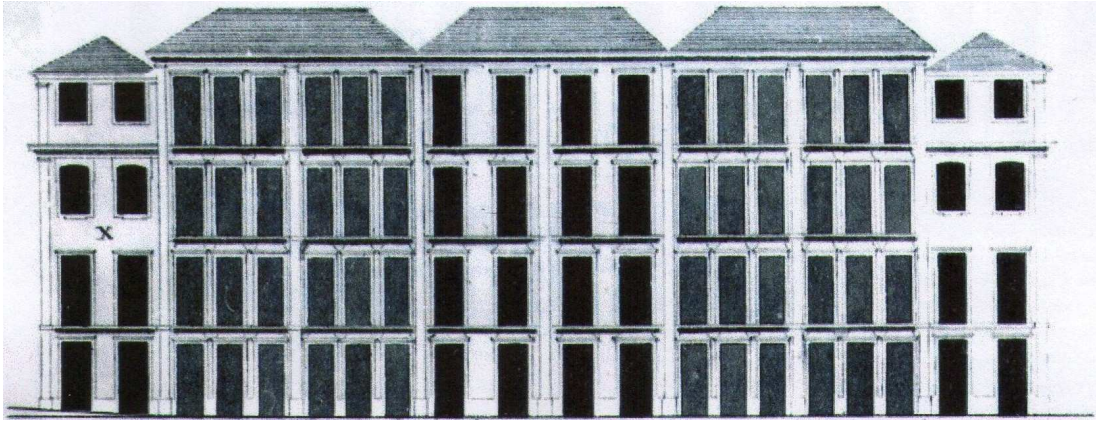


Fig. 27 – Alçado para as casas da Praça dos Ferradores - (Primeira metade de planta geral do lado do Norte) (Berrance, 1993, p. 56).

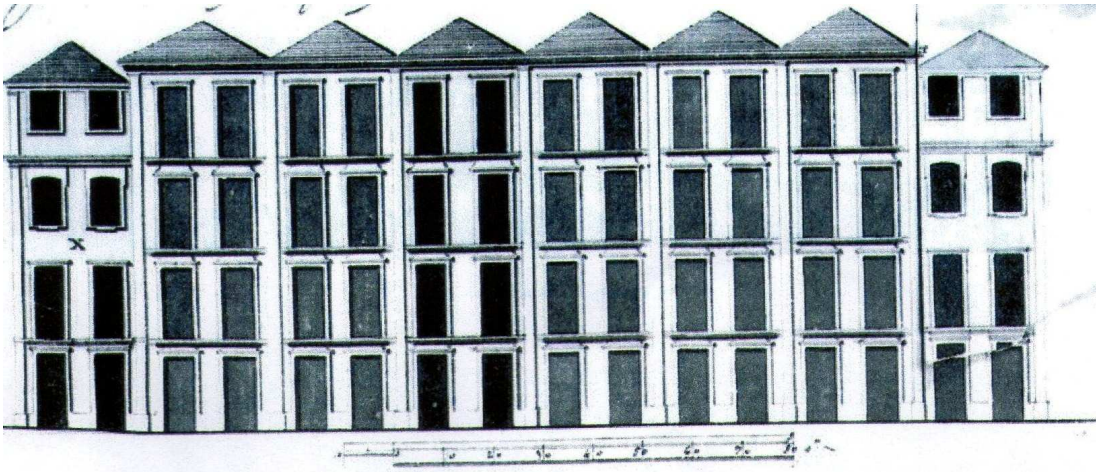


Fig. 28 – Alçado para as casas da Praça dos Ferradores - (Segunda metade de planta geral do lado do Norte) (Berrance, 1993, p. 56).

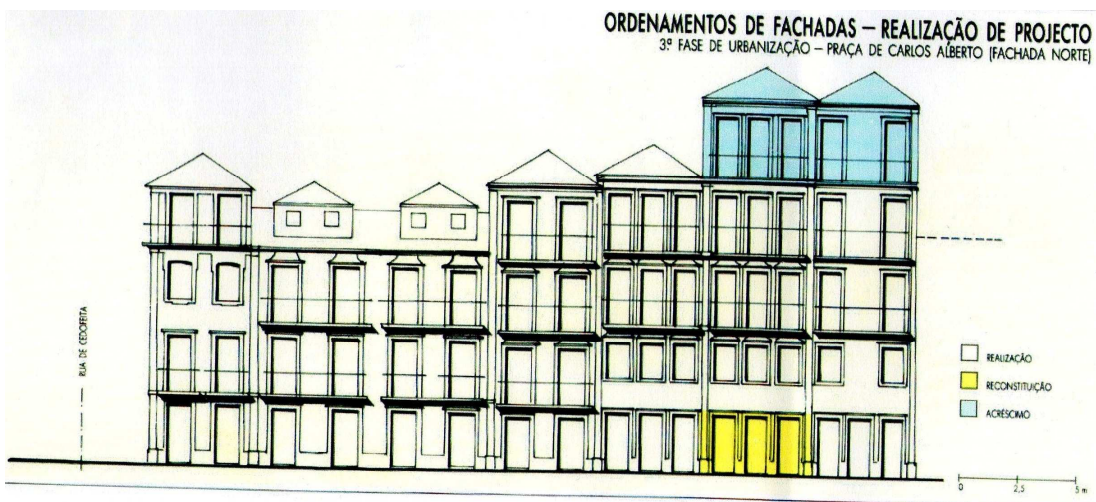


Fig. 29 – Visualização em alçado da realização, reconstituição e acréscimo nas fachadas da Praça de Carlos Alberto (fachada Norte) (Berrance, 1993, p. 56).

Esta intervenção visava criar uma cidade mais limpa e saudável, com a colocação de saneamentos, fontes, chafarizes e passeios para os peões. Foi uma intervenção consertada, porque considerou a beneficiação da cidade como um todo (conjunto urbano) sem atender aos edifícios de forma isolada (Alves e Ferrão *cit. in* Mocho 2005, p. 21).

I.3.ii. Princípios fundamentais do urbanismo

Durante a primeira metade do séc. XIX (1834-1851), a evolução estrutural foi lenta. Contudo, foram impostas regras que regulavam aspectos formais do desenvolvimento urbano e construção de edifícios. Foi ordenada a demolição de algumas casas que não estavam licenciadas e começou a haver vistorias às habitações (Mocho, 2005, pp. 21-22).

Na segunda metade do séc. XIX foi necessário construir mais habitações (pequenas casas organizadas em quarteirões, denominadas de ilhas (figs. 30 e 31)) para alojar a crescente população operária que vinha dos meios rurais à procura de trabalho e melhores condições de vida. Esta migração populacional aumentava à medida que mais fábricas e lojas comerciais iam sendo criadas (Mocho, 2005, p. 22), fig. 32.



Fig. 30 – Ilha na Rua de S. Vitor (Ramos, (et al.), 1995, p. 396).



Fig. 31 – Ilha dos Tanques na Corticeira (Ramos, (et al.), 1995, p. 397).

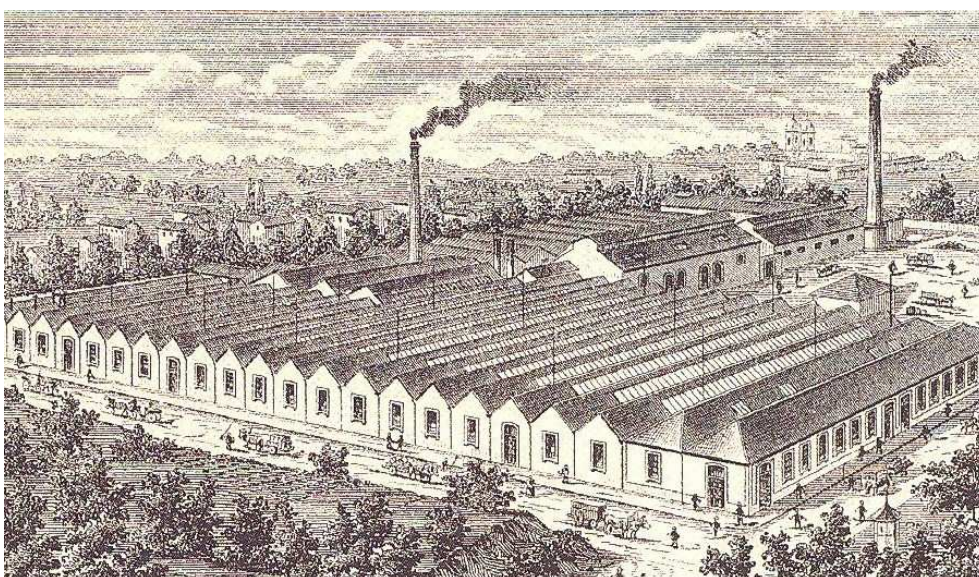


Fig. 32 – Fábrica de Salgueiros (Ramos, (et al.), 1995, p. 440).

A classe burguesa teve um papel fundamental na apropriação do solo urbano para a implementação destas novas edificações. As maiores concentrações humanas registaram-se sobretudo no Morro da Sé (fig. 33), Ribeira e Barredo (Carvalho *cit. in* Mocho 2005, p. 22), fig. 34.



Fig. 33 – Morro da Sé (Ramos, (et al.), 1995, p. 395).

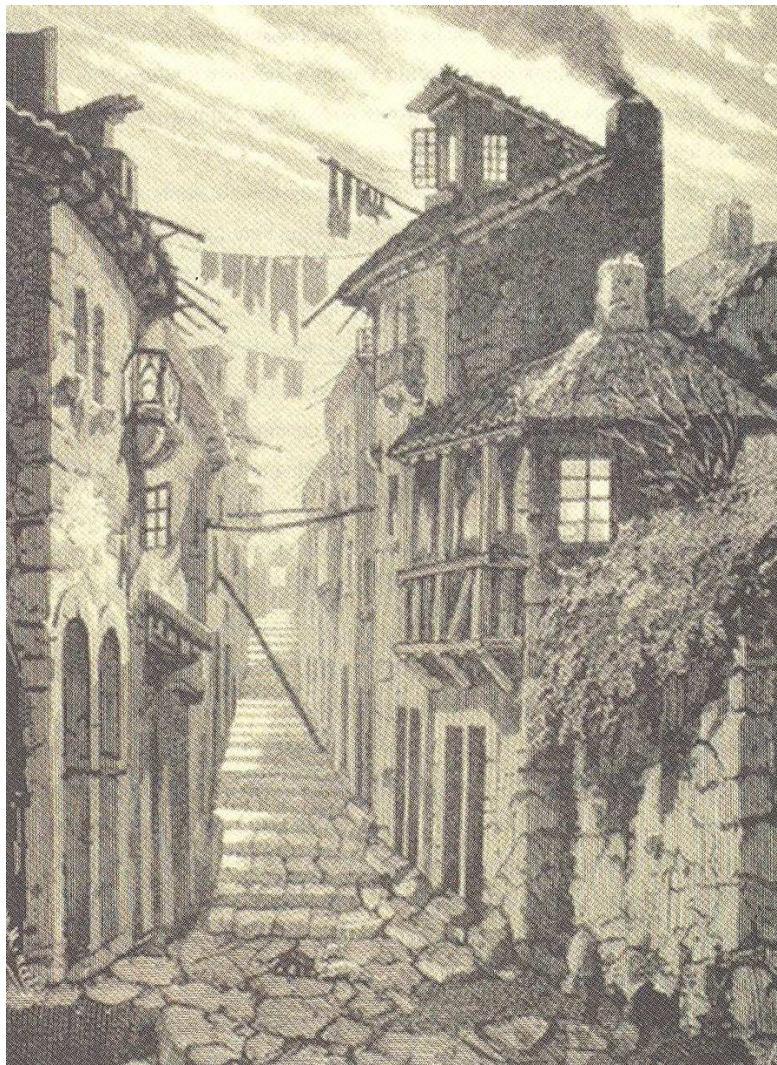


Fig. 34 – Barredo (Ramos, (et al.), 1995, p. 409).

No entanto, fora da cidade antiga (extramuros) predominavam as casas unifamiliares (figs. 35 e 36) e muito poucos prédios tinham mais do que dois ou três andares. Evidentemente esta realidade explica-se com o fato de nessas áreas não haver falta de espaço, por isso as construções estendem-se na horizontal e as habitações têm jardins e quintais (Mocho, 2005, p. 24).



Fig. 35 – Quinta de Bonjoia (Couto).



Fig. 36 – Quinta de Vilar d`Allen (Couto).

I.4. O crescimento do núcleo urbano

I.4.i. Modernização do centro do Porto

A construção da ponte D. Luís I (fig. 37) e D. Maria Pia (fig. 38), e a abertura de novas avenidas, nomeadamente a Avenida dos Aliados levou à expansão da cidade para novas áreas. O recurso ao transporte ferroviário (fig. 39) em detrimento do fluvial potenciou o intercâmbio com regiões periféricas (Minho, Alto Douro e Beiras) e o fluxo migratório das populações dessas regiões para a cidade (Mocho, 2005, p. 25).



Fig. 37 – Construção da ponte D. Luís I (Ramos, (et al.), 1995, p. 389).



Fig. 38 – Ponte D. Maria Pia (Ramos, (et al.), 1995, p. 499).



Fig. 39 – Estação ferroviária de S. Bento (Dias, 1999, p. 72).

A abertura da Avenida dos Aliados foi um marco importante no planeamento urbanístico do Porto, uma vez que aí foram construídos edifícios luxuosos para além dos Paços do Concelho (CMP *cit. in* Mocho 2005, p. 25), fig. 40.



Fig. 40 – Perspectiva da Avenida dos Aliados (Dias e Marques, 2002, p. 128).

I.4.ii. As repercussões do crescimento urbano no séc. XX

O fluxo migratório da população da província para a cidade levou ao aumento da densidade populacional agravando os problemas de carencia de habitações condignas e de infra-estruturas de abastecimento de água e saneamento (Mocho, 2005, p. 26).

Em meados da segunda década do séc. XX iniciou-se o processo de planeamento de construção de habitações económicas e de requalificação das ruas, saneamento e redes de transportes. No entanto, o contexto sócioeconómico dos anos 20 e 30 revelou-se bastante adverso à concretização dos planos que foram sendo desenvolvidos para melhorar do ponto de vista urbanístico da cidade do Porto (Mocho, 2005, p. 26).

Robert Auzelle apresentou um plano director que ultrapassava a capacidade técnica de execução da edilidade Portuense: não havia levantamentos topográficos dos terrenos, nem era possível executá-los (Carvalho *cit. in* Mocho 2005, p. 27). No entanto, foram tomadas algumas medidas estruturantes fundamentais visando a modernização da cidade, nomeadamente a rede viária e de circulação que estabelecia a ligação norte-sul e nascente-poente. Algumas das alterações urbanísticas podem ser consideradas negativas porque implicaram a demolição de grande parte do conjunto edificado e a consequente descaracterização urbana da cidade (Mocho, 2005, pp. 27-28-29).

Durante o Estado Novo foram construídos bairros colectivos na periferia da cidade (Carvalho *cit. in* Mocho 2005, p. 30). Para além da construção destes edifícios foram demolidos alguns edifícios sem haver um projecto de renovação urbanística, nem de estudo arqueológico dos mesmos, assim também como não houve qualquer registo do que foi demolido. Estas demolições alteraram a mancha construída, nomeadamente, no morro da Sé com a abertura da Avenida da Ponte (CMP, Projecto Piloto Urbano da Sé *cit. in* Mocho 2005, p. 31). No entanto, Assunção (2010, p. 50) refere que nos anos cinquenta houve registo dos quarteirões demolidos, necessários para a abertura da Avenida da Ponte (figs. 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48 e 49). Segundo o autor, através das obras realizadas foi possível obter uma percepção da morfologia natural do terreno, o que dificultou desde logo a capacidade de traçar uma solução adequada para as características em causa. De facto, tudo isto é o reflexo de não ter havido um projecto de renovação integrado, para o centro da cidade do Porto.

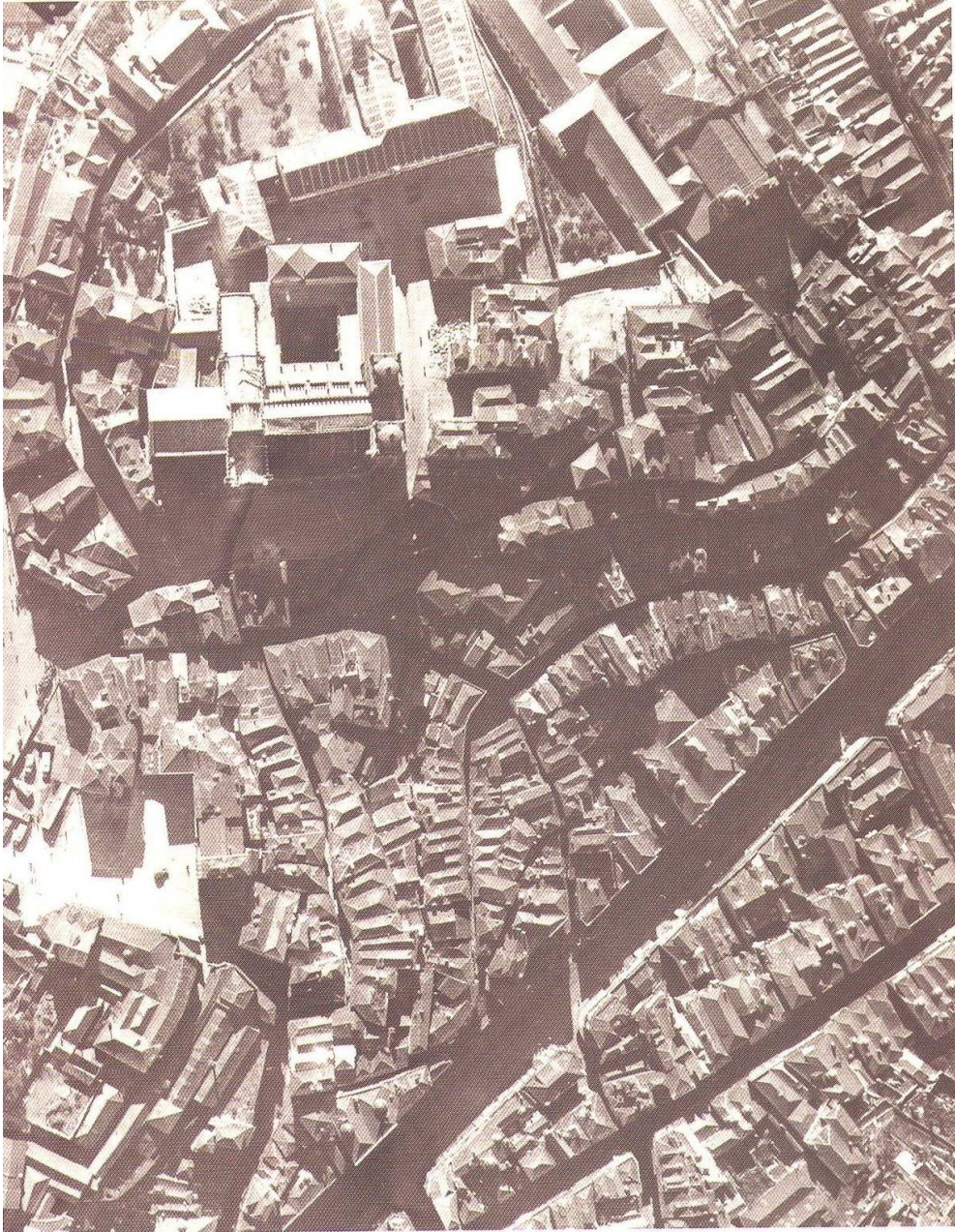


Fig. 41 – Perspectiva aérea da mancha construída a demolir (Barroca, Carvalho e Guimarães, 1996, p. 95).



Fig. 42 – Caracterização do local antes das demolições (Barroca, Carvalho e Guimarães, 1996, p. 98).



Fig. 43 – Caracterização do local durante as demolições (A. H. M. P. cit. in Assunção 2010, anexo p. 62).



Fig. 44 – Caracterização do local durante as demolições (A. H. M. P. *cit. in* Assunção 2010, anexo p. 62).



Fig. 45 - Visualização das demolições e desaterros para a abertura da Avenida da Ponte (A. H. M. P. *cit. in* Assunção 2010, anexo p. 67).



Fig. 46 - Visualização das demolições e desaterros para a abertura da Avenida da Ponte (A. H. M. P. *cit. in* Assunção 2010, anexo p. 67).



Fig. 47 - Visualização das demolições e desaterros para a abertura da Avenida da Ponte (A. H. M. P. *cit. in* Assunção 2010, anexo p. 67).



Fig. 48 – Visualização da abertura da Avenida da Ponte (A. H. M. P. *cit. in* Assunção 2010, anexo p. 68).



Fig. 49 – Perspectiva aérea do Morro da Sé e da Avenida da Ponte, na fase após as demolições (A. H. M. P. *cit. in* Assunção 2010, anexo p. 68).

II – Os edifícios antigos na cidade do Porto

II.1. Tipologias habitacionais

A definição das tipologias habitacionais inclui a análise de diversos parâmetros tais como o comprimento e a largura dos lotes onde o edifício se encontra inserido e a ocupação da mancha construída no terreno. Outros factores de caracterização tipológica correspondem à altura do edificado (nº pisos), sua funcionalidade, a organização interna dos espaços, as ligações verticais mediante caixa de escadas, os acabamentos e a relação estabelecida com o local envolvente.

Durante o período da industrialização, a expansão populacional conduziu a situações de adaptação dos conjuntos edificados existentes e à criação de um novo tipo de habitação com características muito próprias.

Barata Fernandes (1999, pp. 75-77-78-79-80) refere que a habitação predominante na cidade do Porto é do tipo burguesa¹ e durante o período compreendido entre os séculos XVII – XIX ocorrerem modificações nas habitações, outras características permanecem imutáveis, nomeadamente a sua tipologia e a persistência dos elementos arquitectónicos mais relevantes (figs. 50, 51, 52 e 53).

¹ A habitação burguesa na cidade do Porto, segundo Carvalho (*cit. in* Mocho 2005, p. 19) caracteriza-se por uma casa estreita e alta, com armazéns ou lojas no rés-do-chão e os andares superiores destinavam-se à residência dos seus elementos, com ligação entre as duas partes através de escadas interiores. Este tipo de construção correspondia às necessidades e hábitos diários de uma população activa que exercia a sua profissão e habitava o mesmo espaço.

Segundo Mocho (2005, pp. 23-24) a construção em altura constituía uma solução para locais, como o Porto, delimitado por muralhas e para albergar determinado número de pessoas que aí realizavam a sua vida quotidiana.

Algumas imagens visualizadas neste subcapítulo demonstram que no alçado frontal, na zona do rés-do-chão destas casas havia entre duas a três portas, uma de acesso à zona residencial e as restantes ao comércio.



Fig. 50 – Casas do Porto do séc. XVII.



Fig. 51 – Casas do Porto do séc. XVIII.



Fig. 52 – Casas do Porto do séc. XVIII.

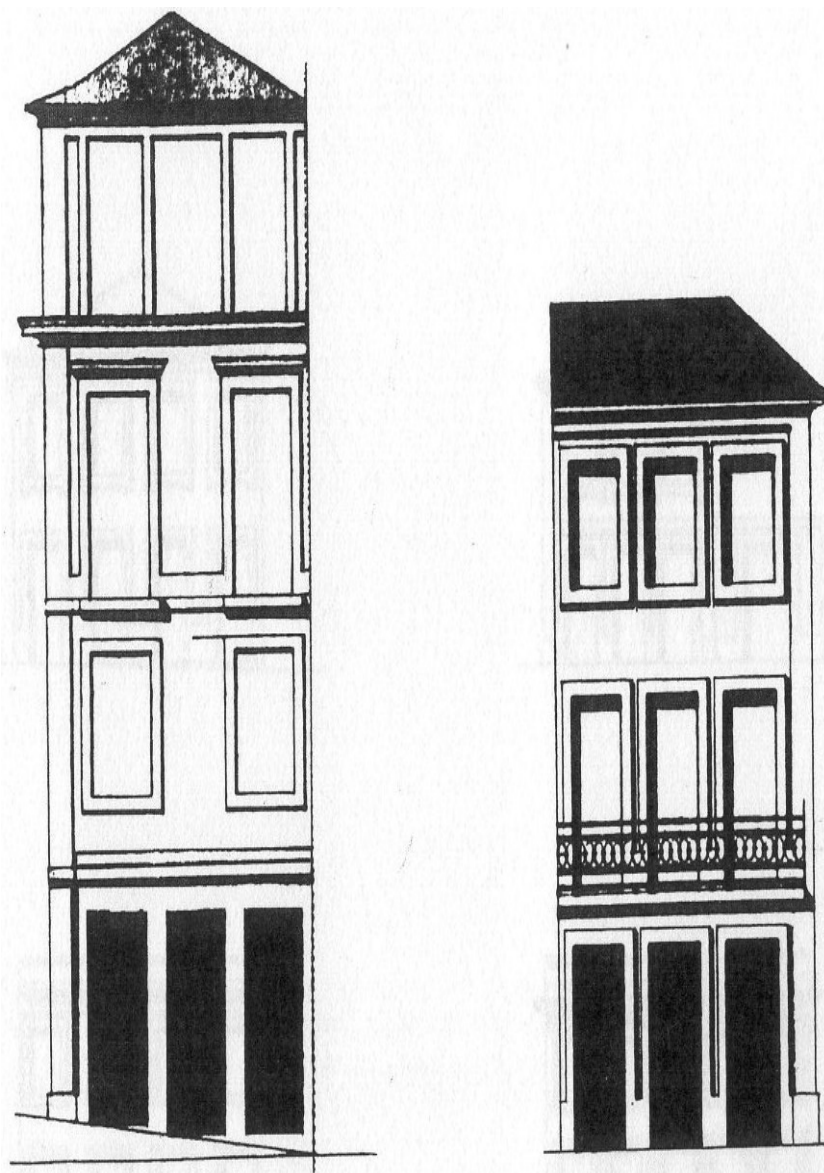


Fig. 53 – Alçados de casas dos sécs. XVII e XVIII, com a ocorrência de alterações no séc. XIX (Livro “Plantas de casas” n.º 11, AHMP *cit. in* Fernandes 1999, p. 97).

Segundo Barata Fernandes (1999, pp. 68-76-77-78-79-83), as habitações da cidade do Porto correspondentes à planta da cidade visualizada na fig. 54 enquadram-se em três grandes períodos, designados de mercantilismo, iluminismo e liberalismo. O primeiro período correspondente ao mercantilismo compreende o período mais longo. A construção da mancha edificada situa-se na época entre finais do séc. XVII a meados do séc. XVIII, sendo mais evidente na zona de Ribeira-Barredo, Sé, Vitória, Cimo de Vila e Miragaia. Entre meados do séc. XVIII a princípios do séc. XIX surge o segundo período, fig. 55, enquadrado no iluminismo. Exemplos deste período localizam-se na rua dos Clérigos, rua do Almada e rua de Cedofeita. O terceiro período respeitante ao liberalismo prolonga-se durante todo o séc. XIX, nos locais das intervenções dos

Almadas que serviram de ponto de partida ao alargamento para outras áreas. Como exemplo referem-se edifícios localizados na rua e Avenida da Boavista, rua de Álvares Cabral, rua da Constituição, rua de Costa Cabral e rua de Santa Catarina.

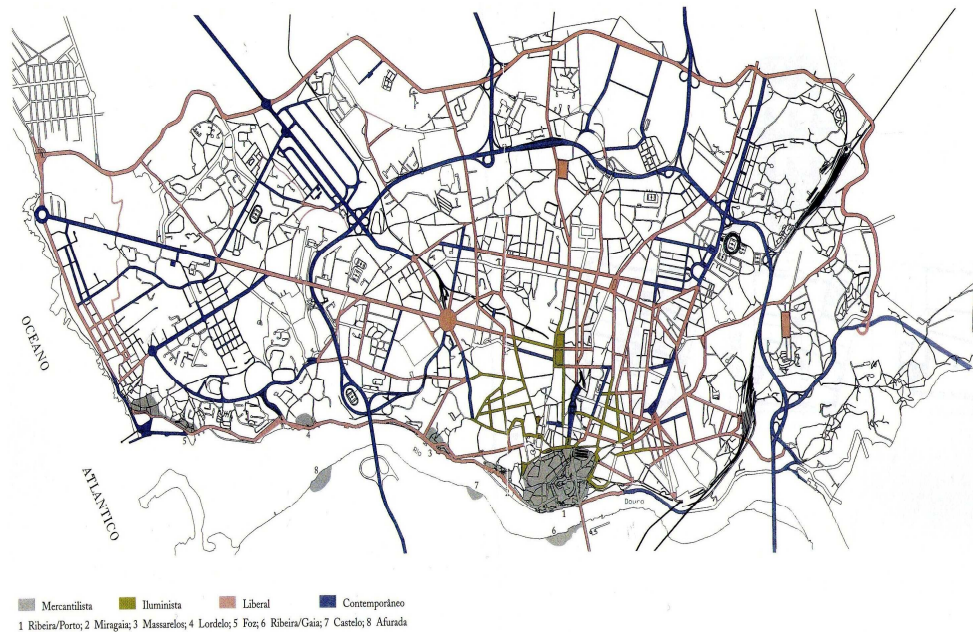


Fig. 54 – Períodos correspondentes à mancha construída, na cidade do Porto (Fernandes, 1999, p. 84).

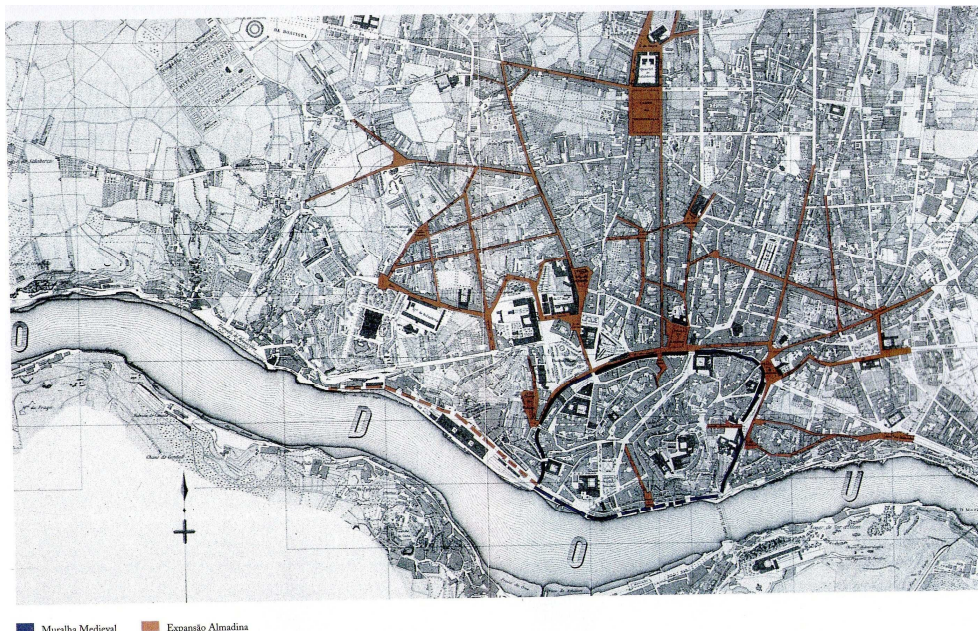


Fig. 55 – Localização das zonas de expansão almadina (Fernandes, 1999, p. 147).

A importância histórica da classificação das três épocas em estudo constituiu uma base fundamental de apoio à caracterização das tipologias habitacionais, principalmente do ponto de vista arquitectónico, (Fernandes, 1999, p. 76).

O local de implantação do núcleo habitacional da época do mercantilismo possui determinados aspectos que se vão reflectir na caracterização das tipologias habitacionais. Os lotes existentes nas zonas mais antigas apresentavam em comum, frentes que rondavam entre 3 a 6 metros, as profundidades podiam variar entre 20 a 30 metros, ou entre 10 a 15 metros. Barata Fernandes (1999, p. 120) refere que estes lotes pertencem à formação da cidade medieval, não planeada do ponto de vista urbano, daí não apresentarem sempre as mesmas dimensões.

Segundo a visualização da cartografia de Teles Ferreira (1892), verifica-se a existência de quarteirões fronteiros ao rio, desde a Ribeira-Barredo até Miragaia integralmente preenchidos por conjuntos edificados. Os lotes referentes a estes locais apresentam duas frentes e unem-se pelo seu lado maior através de paredes de meação, figs. 56 e 57.



Fig. 56 – Características de implantação dos conjuntos edificados na zona de Ribeira / Barredo (Ferreira, 1991-1992, folha nº 260).



Fig. 57 – Características de implantação dos conjuntos edificados na zona de Miragaia (Ferreira, 1991-1992, folha nº 238).

As edificações localizadas em Miragaia distinguem-se pelo facto de apresentarem estruturas porticadas em arco na zona frontal, ilustrada na fig. 58. Barata Fernandes (1999, p. 121) afirma que poderá ter havido a formalização de um conjunto de regras no sentido de uniformizar a mancha construída, atendendo à localização dos edifícios na marginal do rio.

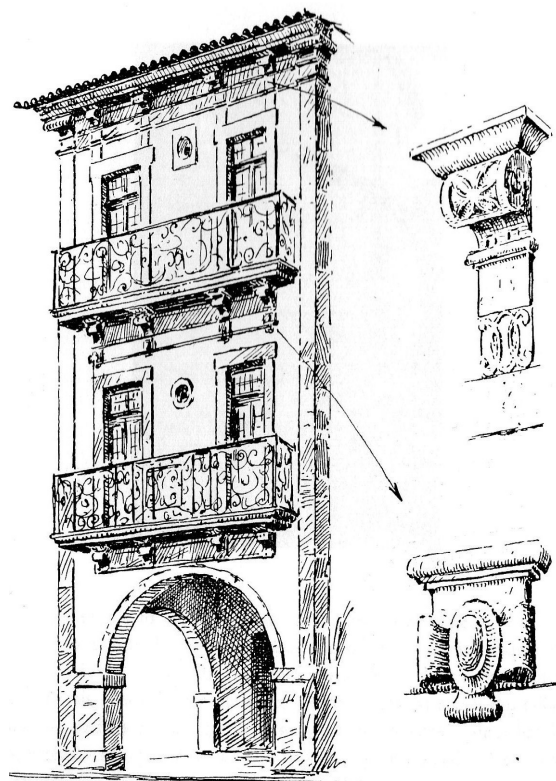


Fig. 58 – Visualização de estrutura porticada em arco na zona frontal (Galhano e Oliveira, 1958, p. 658).

Em locais como a Sé, as frentes dos lotes acompanham o relevo acidentado, figura 59. Segundo a cartografia de Teles Ferreira, (1892) os lotes incluídos nos quarteirões de menor dimensão apresentam uma só frente, enquanto que os lotes pertencentes aos quarteirões de maior dimensão possuem logradouro, com a possibilidade de comunicação através de dois arruamentos quase paralelos.



Fig. 59 – Características de implantação dos conjuntos edificados na zona da Sé (Ferreira, 1991-1992, folha nº 259).

Em termos de organização interna, a habitação pertencente ao período do mercantilismo apresenta, genericamente, uma só frente com abertura directa para a rua. A implantação preenche a totalidade do lote, sem logradouro. A altura do edifício é constituída por dois ou três pisos e a fachada contém duas aberturas por piso (portas com sacada ou varanda, ou janelas) localizadas junto às paredes de meação, o que torna a parte central da fachada um pano fechado, fig. 60. Para edifícios com a mesma organização interna (fig. 61), existem situações em que a fachada é constituída por três vãos com a mesma distância entre si.

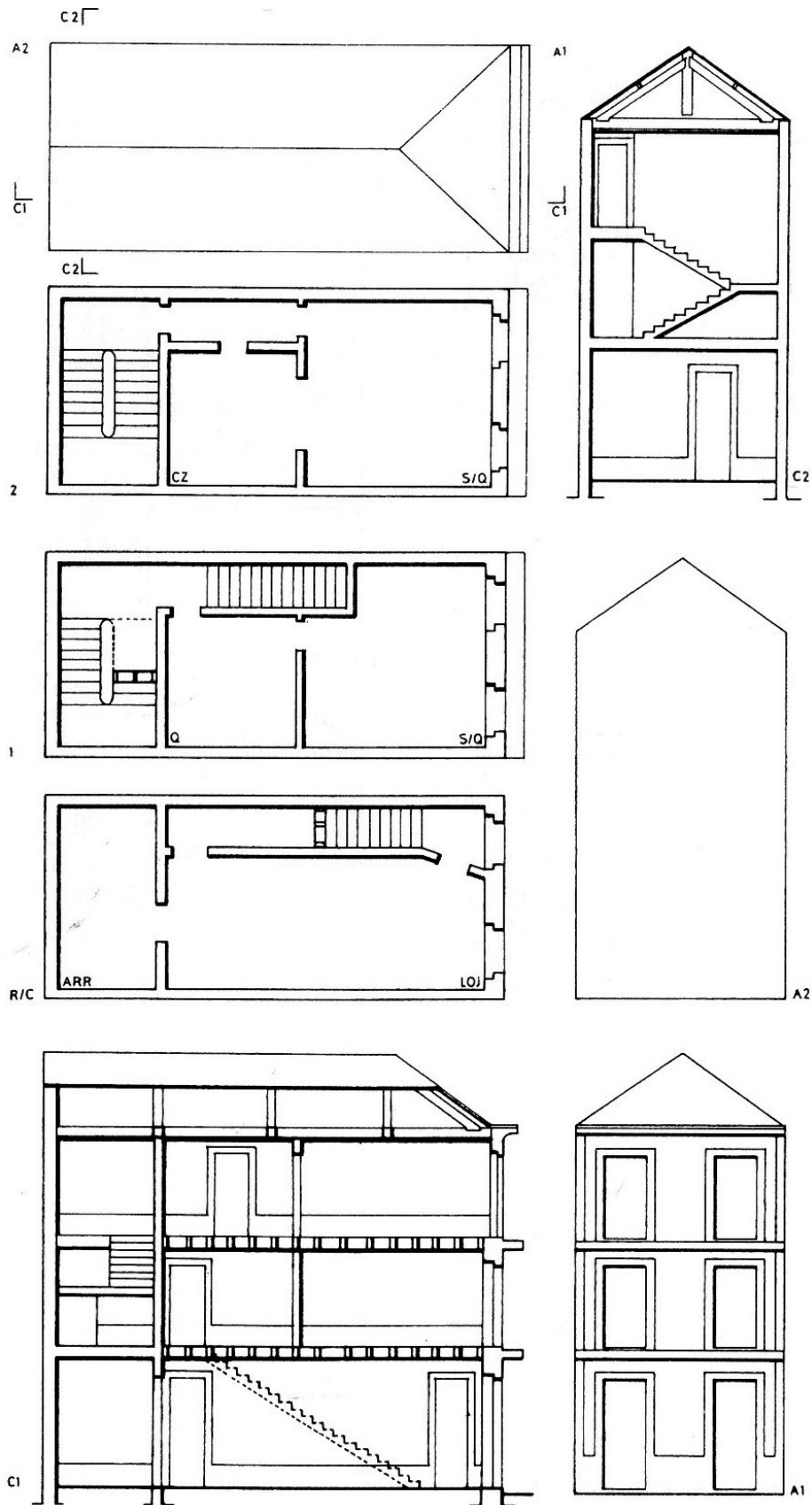


Fig. 60 – Características gerais dos edifícios, do período do mercantilismo (Fernandes, 1999, p. 132).

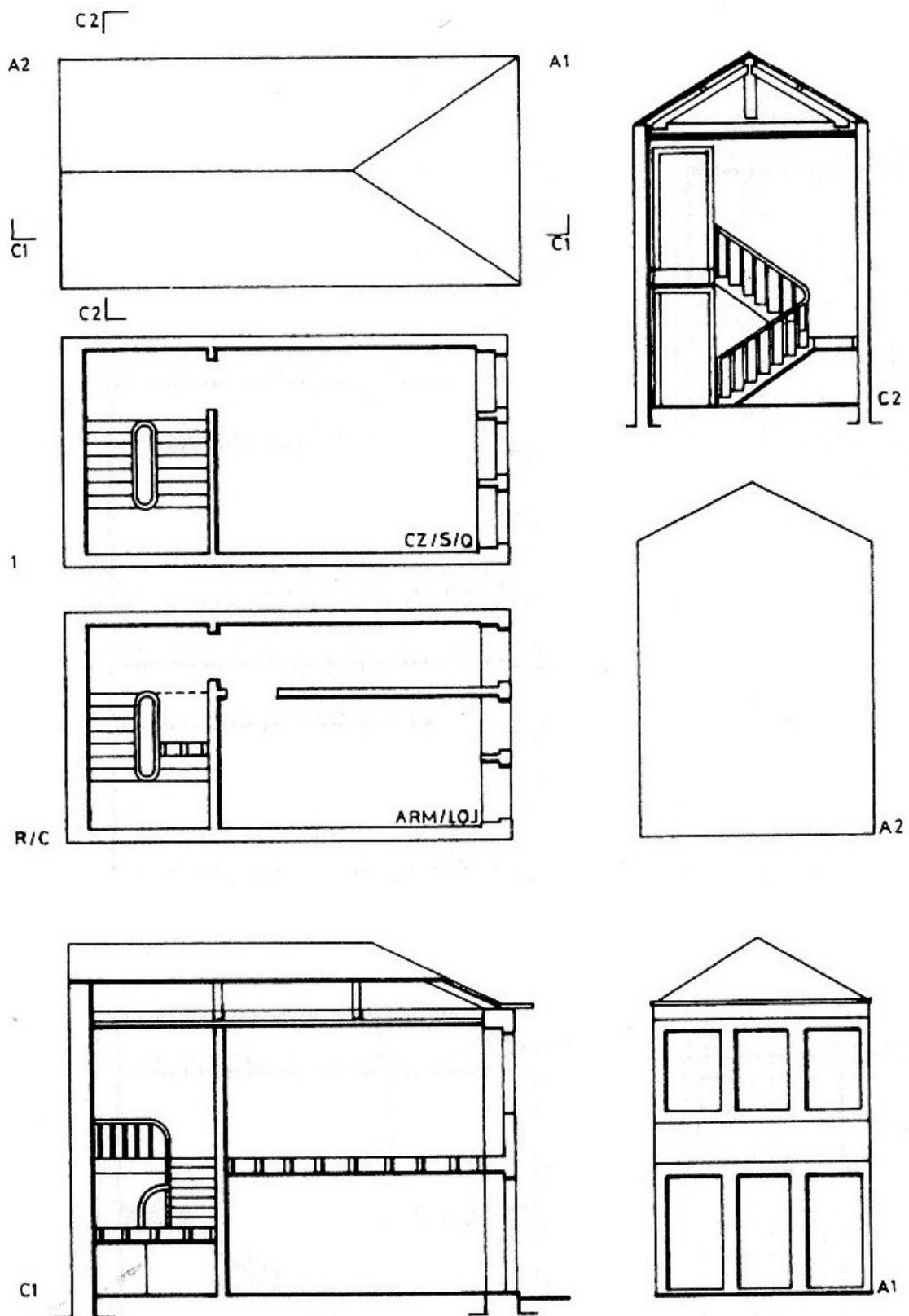


Fig. 61 – Edifícios do período do mercantilismo, com três vãos (Fernandes, 1999, p. 134).

Barata Fernandes (1999, p. 123) afirma que estas construções têm uma considerável capacidade de adaptabilidade ao terreno, quer seja plano ou acidentado, com uma frente

de cerca de 4,5 metros, pelo que a variação da profundidade não vai induzir a alterações na matriz de organização interna dos conjuntos edificados. Nestes edifícios, quando o número de pisos é superior a dois (fig. 62) a caixa de escadas situa-se nas traseiras e transversalmente. Quando apenas existem dois pisos enquadra-se a possibilidade de haver uma escada lateral e de tiro entre o piso térreo e o primeiro andar, fig. 63.

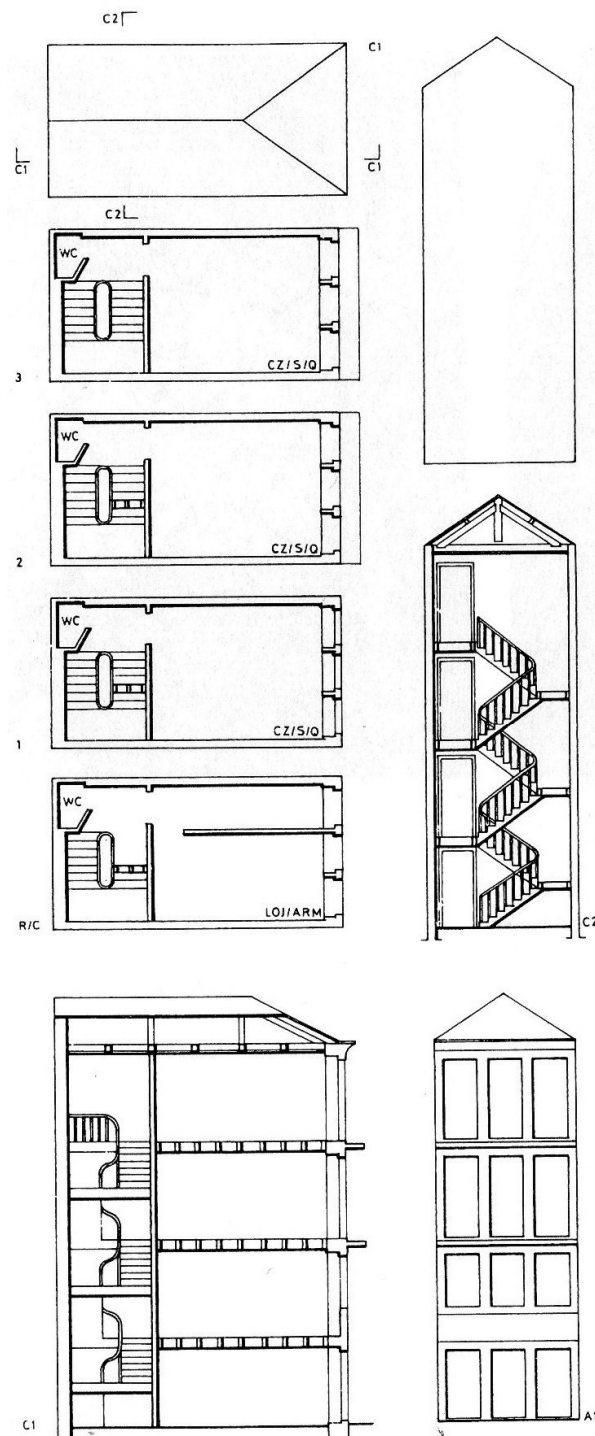


Fig. 62 – Características de localização da caixa de escadas, em edifícios com mais de dois pisos (Fernandes, 1999, p. 135).

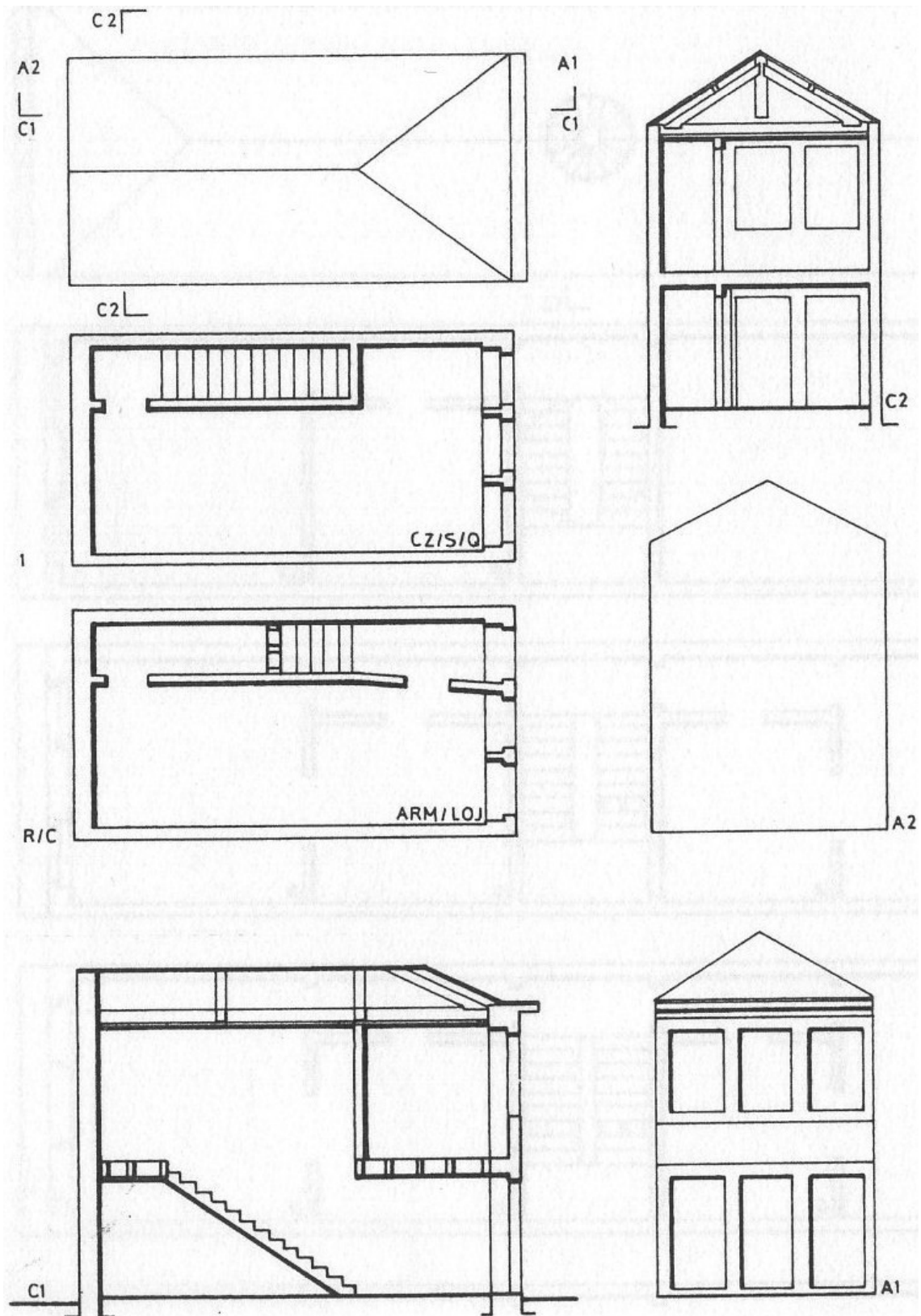


Fig. 63 – Características de localização da caixa de escadas, em edifícios com dois pisos (Fernandes, 1999, p. 136).

Segundo Barata Fernandes (1999, p. 124), os conjuntos edificados com duas frentes da época mercantil podem ter surgido devido à duplicação da habitação com uma frente. Se

o mesmo desenho for realizado do lado oposto à caixa de escada de dois lanços, este princípio resultava num edifício com duas frentes e a localização da caixa de escadas passava a ser central, fig. 64. Apesar de permanecerem as mesmas medidas de largura da parcela do lote, a introdução de uma nova fachada na parte das traseiras e o aumento da profundidade do lote tornaram possível a integração de logradouro no conjunto habitacional, fig. 65. A realização dos acessos em duas frentes e muitas vezes a cotas diferentes (consoante a modelação do relevo) foi, segundo Barata Fernandes (1999, p. 124), o resultado da relação do lote com a morfologia do terreno.

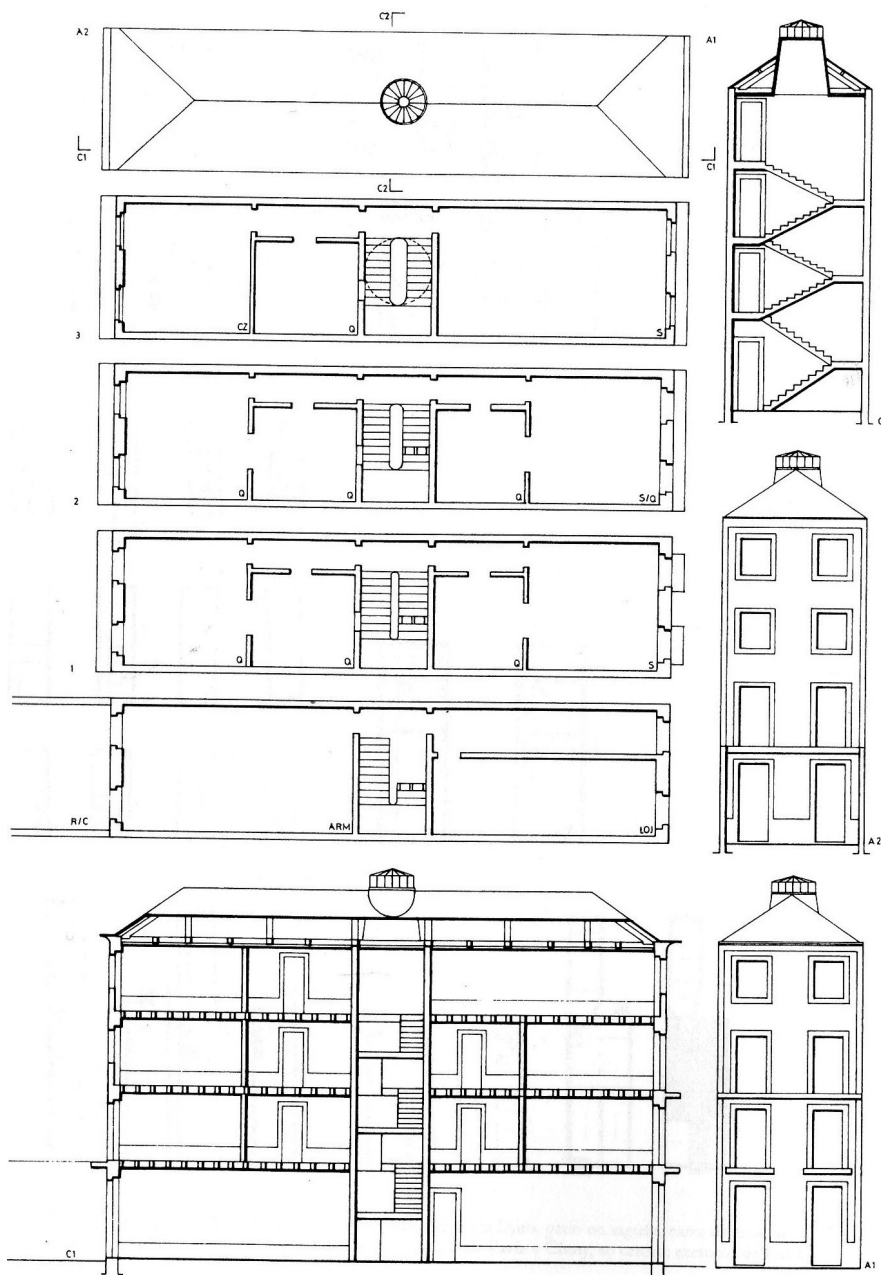


Fig. 64 – Características resultantes da duplicação da habitação com uma frente (Fernandes, 1999, p. 138).

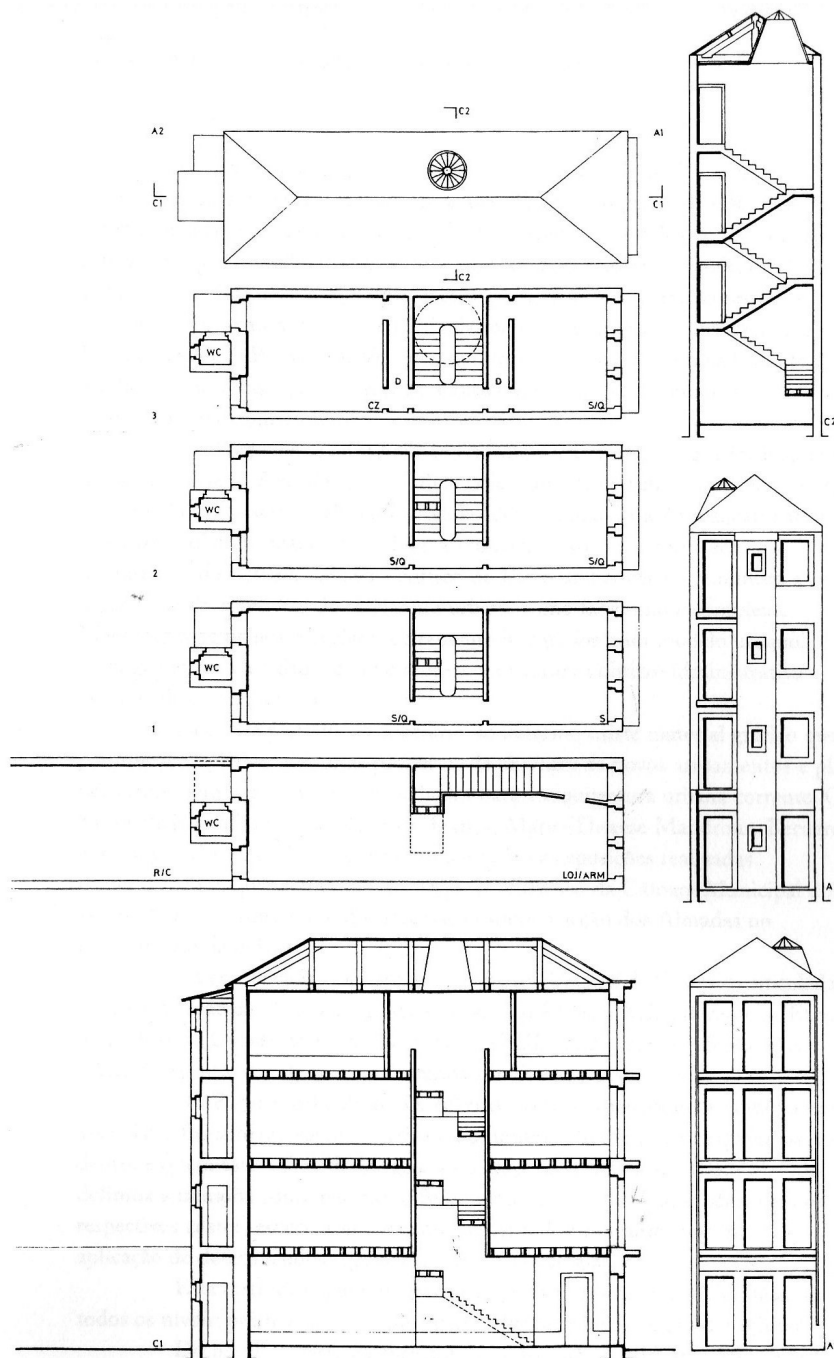


Fig. 65 – Integração do logradouro no conjunto habitacional (Fernandes, 1999, p. 139).

Barata Fernandes (1999, pp. 124-125) afirma que o aumento da mancha construída, além de introduzir mais compartimentos tornou-os mais amplos e, por isso, o conceito de privacidade foi melhorado. A localização da caixa de escadas na parte central foi um factor chave na estrutura habitacional, mas também no contacto público / privado, não só entre o piso do rés-do-chão e pisos superiores, mas também na passagem dos compartimentos da frente para os compartimentos da zona posterior.

Tal como se vai verificar em períodos posteriores, o piso térreo serve para a instalação de oficinas, armazéns ou lojas e os restantes pisos destinam-se à habitação. Este tipo de construção correspondia às necessidades e hábitos diários de uma população activa que exercia a sua profissão e habitava o mesmo espaço. Por razões de segurança, a cozinha localizava-se no último andar de modo a evitar os cheiros e controlar melhor os incêndios.

Através da visualização de imagens dos conjuntos edificados nos dias de hoje, verifica-se que apesar das modificações interiores ao longo do tempo, as fachadas pouco ou nada se alteraram, figs. 66, 67 e 68. Segundo Barata Fernandes (1999, pp. 127-128) a relação estabelecida entre o edifício e o local, é de que a cidade é vista como um espaço colectivo. A persistência da uniformização da mancha edificada a partir das observações realizadas aos percursos viários dá uma perspectiva da “fisionomia” em geral da cidade do Porto.



Fig. 66 – Visualização dos conjuntos edificados, em Miragaia.



Fig. 67 – Visualização dos conjuntos edificados, em Miragaia.



Fig. 68 – Visualização dos conjuntos edificados, na Praça da Ribeira.

Em termos de planeamento urbano, o período do iluminismo foi marcado pela acção dos Almadás. A qualidade das intervenções urbanas distinguiram-se principalmente na abertura de novos acessos e na melhoria dos arruamentos existentes.

Do ponto de vista urbano de edificação, os princípios intervencionistas almadinos passaram a integrar desenhos de alçados de conjunto, fig. 69. As áreas mais antigas e mais próximas das zonas primitivas, como as ruas dos Clérigos, rua do Almada e rua de Cedofeita foram segundo Berrance (*cit. in* Fernandes 1999, p. 142), a base fundamental para o desenvolvimento do fenómeno da expansão urbanística almadina.

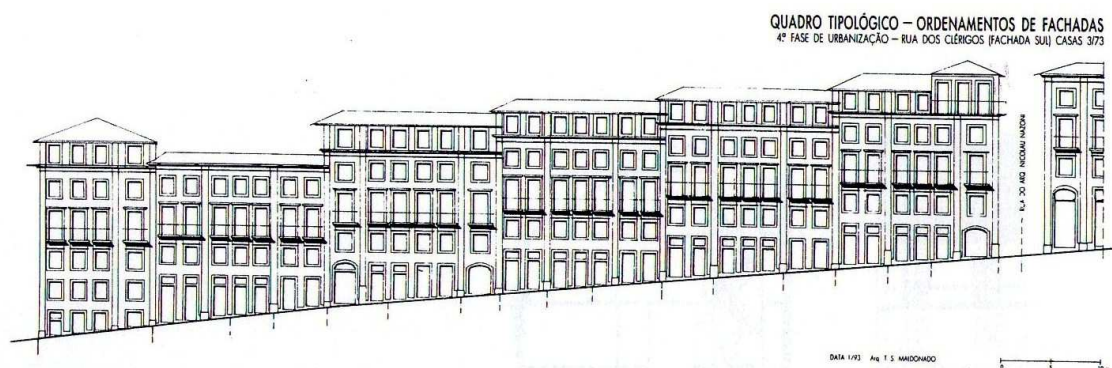


Fig. 69 – Desenhos de alçados de conjunto, durante o período almadino (Berrance *cit. in* Fernandes 1999, p. 150).

Esta nova tipologia habitacional passa a ter uma largura superior de parcela de lote que ronda os 6 metros. Sobre este aspecto, Barata Fernandes (1999, p. 143) afirma haver contradições em relação à mancha construída e ao que está estabelecido nos desenhos.

Relativamente ao período almadino, a mancha construída assemelha-se aos edifícios de duas frentes, decorrentes da época do mercantilismo. As diferenças que se assinalam são a maior largura de frente do lote assim como o aumento da profundidade das construções e o enquadramento do logradouro, o qual é uma constante nestes conjuntos edificadas. Embora fossem permitidas modificações pontuais em determinadas partes, os ordenamentos das fachadas foram uma preocupação constante dos urbanistas almadinos.

As características formais dos edifícios não dizem apenas respeito aos de habitação, mas também a instituições público e privadas que se encontram um pouco por toda a cidade do Porto, como é o caso da Ordem do Carmo, fig. 70. Este edifício, além de dominar

uma das zonas laterais da “Praça de Carlos Alberto”, possui eixos de simetria, com destaque para os principais elementos de composição arquitectónica. Os eixos simétricos são também notórios nos edifícios de gaveto. Por último, o respeito pela cêrcea é fundamental, não só em termos de ordenamento urbanístico, assim como na caracterização dos edifícios do ponto de vista formal.



Fig. 70 – Visualização de características formais da “Ordem do Carmo”.

Barata Fernandes (1999, p. 144) afirma que para a mesma tipologia habitacional as larguras dos edifícios durante o período iluminista oscilaram entre os 5 e os 7 metros. Em termos de profundidade existem construções com valores aproximados dos 12 metros e outras com dimensões que rondam os 22 metros. A profundidade do logradouro apresentava uma dimensão variável (fig. 71), com possibilidade de se poder enquadrar um saguão ou pequeno pátio quando o relevo do lote se apresenta muito acidentado, fig. 72.

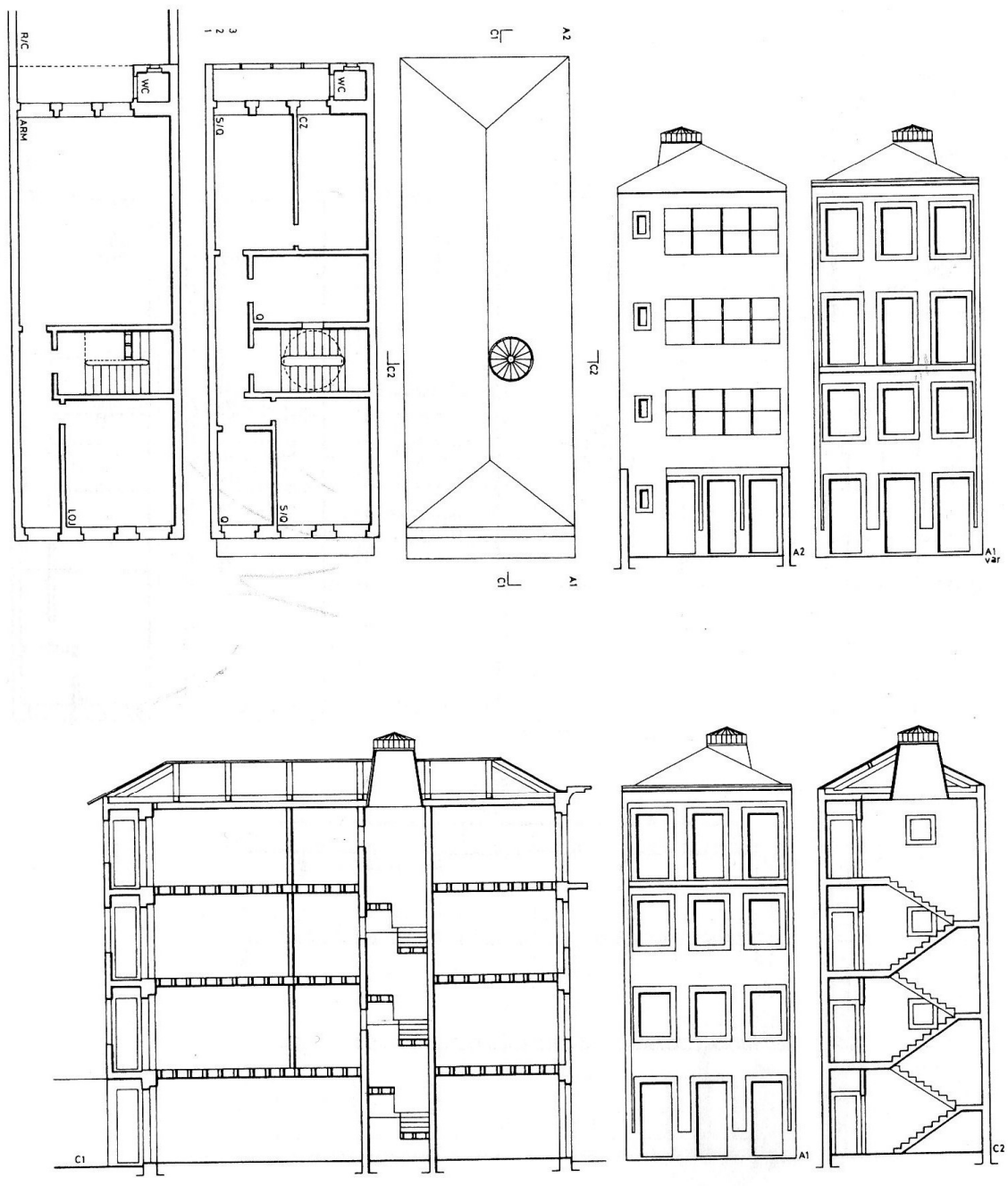


Fig. 71 – Visualização em planta e corte do logradouro (Fernandes, 1999, p. 156).

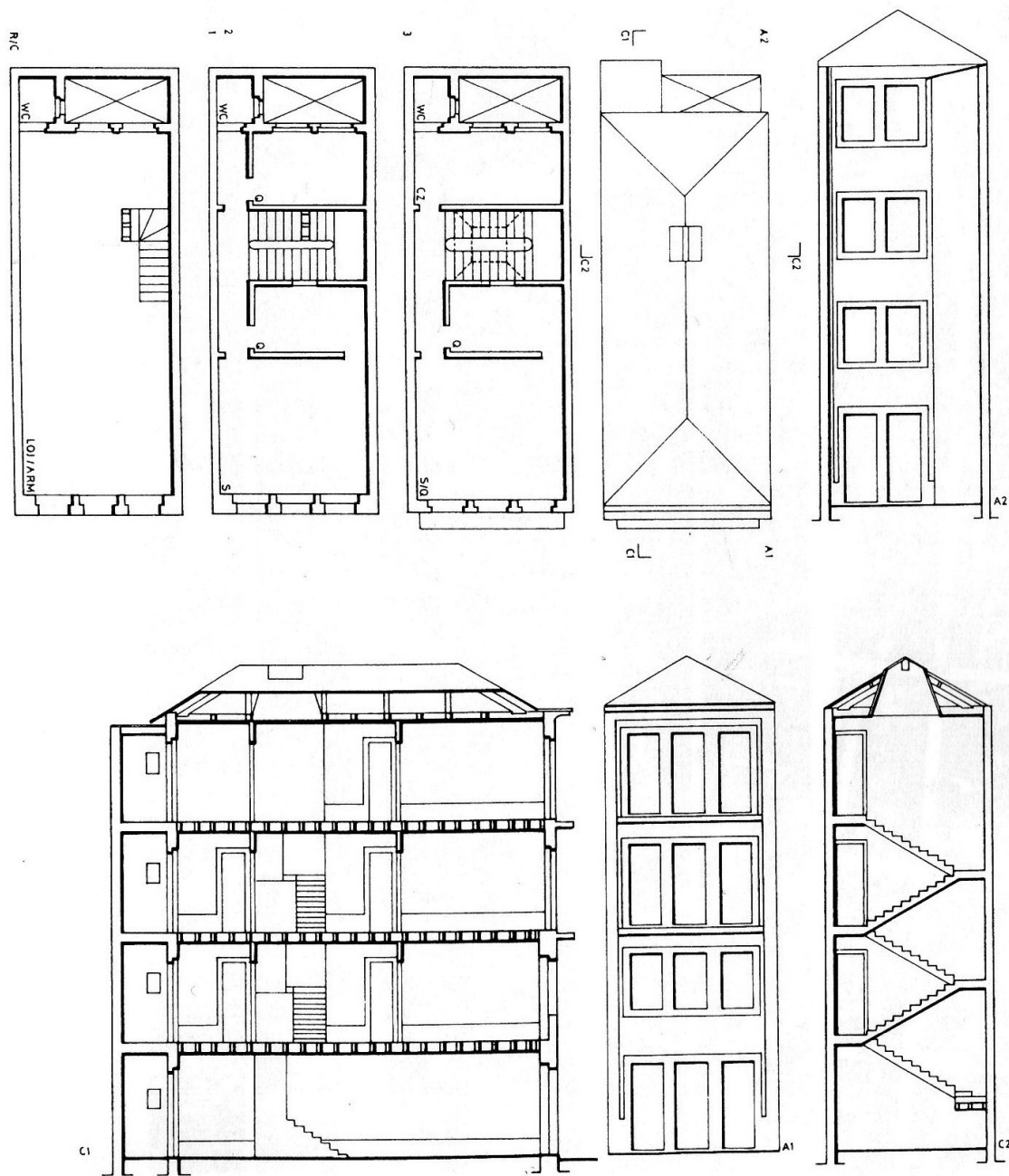


Fig. 72 – Visualização em planta e corte do logradouro, com saguão enquadrado (Fernandes, 1999, p. 157).

Em relação ao local de implantação, as tipologias habitacionais possuem uma enorme capacidade de adaptação aos arruamentos, independentemente do traçado ser reto ou curvo. Apesar de se verificarem algumas modificações ao nível urbanístico e habitacional, durante a época correspondente ao iluminismo, Barata Fernandes (1999, p. 144) salienta que a forma de construir permanece imutável na sua essência. Os urbanistas almadinos propunham o palácio urbano, correspondente a edifícios de frente ampla a dominar a profundidade. Na realidade, continuavam a predominar as

construções de frente estreita e profundidade variável, tal como se pode visualizar em plantas antigas da cidade do Porto, fig. 73.



Fig. 73 – Visualização em excertos da planta de 1892, das características gerais da implantação do edificado nos lotes, nas Ruas da Boavista, Cedofeita, Almada e Santa Catarina (Ferreira *cit. in* Fernandes 1999, p. 159).

Em termos de organização interna dos conjuntos edificados, verifica-se que há uma continuidade relativamente às habitações com duas frentes do período mercantil. Através de informação teórica recolhida e da visualização de plantas constatou-se que os edifícios possuem duas frentes, a localização central da caixa de escadas, uma parte do piso de rés-do-chão reservado a comércio, oficina, armazém ou arrumos e outra com entrada independente para a habitação. Segundo registos históricos, o número de pisos

aumentou durante esta época e Barata Fernandes (1999, p. 144) afirma que no século XVIII existem casas com três, quatro e cinco pisos. No entanto, a continuidade verificada ao nível tipológico contrasta com o surgimento de novas soluções, entre as quais a iluminação da caixa de escadas pela clarabóia rasgada na cobertura. Em edifícios em que existam alcovas², a iluminação é realizada por janelas existentes nas paredes interiores, localizadas em frente à caixa de escadas.

Através das imagens visualizadas dos edifícios na cidade do Porto correspondentes a esta época, grande parte apresentam na fachada principal três vãos de alturas mais elevadas e maior pé-direito por piso, fig. 74. A possibilidade de encontrar padieiras em arco é mais frequente, tal como se pode visualizar na fig. 75.



Fig. 74 – Visualização de três vãos na fachada principal.

² A alcova, de acordo com a observação das siglas nas plantas (figs. 66 e 67) representa um compartimento correspondente a um quarto interior de dormir, que não tem qualquer tipo de comunicação com o exterior.



Fig. 75 – Visualização de padieiras em arco.

Outros pormenores que diferem das tipologias anteriores são as varandas corridas na fachada principal entre as paredes de meação, aspecto bastante comum nestes conjuntos edificados, fig. 76.



Fig. 76 – Visualização das varandas corridas, entre duas paredes de meação de um edifício.

Os acabamentos passam por uma maior utilização do ferro no preenchimento das guardas das varandas e sacadas, fig. 77. Os pormenores artísticos assumem uma maior importância. Prova disso são os remates superiores dos edifícios, constituídos por beirais e cornijas muito trabalhados, figs. 78 e 79.



Fig. 77 – Utilização do ferro no preenchimento das sacadas de um edifício.



Fig. 78 – Visualização do beiral em telha canal e coberta (Teixeira, 2004, p. 195).



Fig. 79 – Visualização de cornijas, nos remates superiores do edifício.

Em termos de funcionalidade, a cozinha continua a localizar-se nas traseiras do último andar. Segundo Barata Fernandes (1999, p. 145) e através da observação das siglas escritas nas divisões em planta, o compartimento do primeiro piso da zona frontal era geralmente destinado a sala de visitas. A distribuição das restantes divisões continuava a ser um pouco confusa, tal como nas tipologias anteriores.

As habitações do período almadino tinham uma grande capacidade de adaptação a usos diversos e também de albergar um maior número de pessoas. Barata Fernandes (1999, p. 146) refere que posteriormente houve uma transformação nos edifícios de habitação unifamiliar em edifícios de habitação plurifamiliar. Esta mudança nas habitações, poderá estar associada a questões de partilhas e heranças.

Consequentemente, as áreas dos compartimentos dos novos edifícios de habitação plurifamiliar ficariam mais reduzidas e com uma organização interna alterada. No entanto, se as transformações fossem realizadas em dois edifícios confinantes havia a possibilidade de se conseguir divisões maiores.

A fisionomia dos edifícios de habitação do tempo do liberalismo distingue-se em dois aspectos. Primeiro houve uma continuidade com o período almadino (fig. 80), apesar da ocorrência de algumas alterações. A fase posterior caracterizou-se pelo rompimento da construção de edifícios polifuncionais, uma vez que as novas construções passam a ser vocacionadas unicamente com a função de habitação.

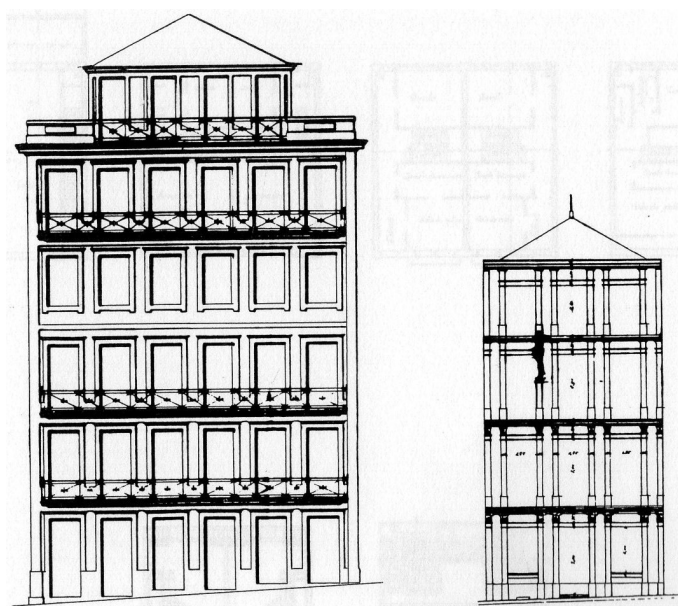


Fig. 80 – Visualização de edifícios habitacionais da época do liberalismo, que representam a continuidade do período almadino (Livro “Plantas de casas” n.º 76 cit. in Fernandes 1999, p. 183).

Importa caracterizar a mancha construída relativamente à primeira metade do século XIX, nomeadamente por se localizar maioritariamente em arruamentos abertos durante a época dos almadás, em áreas do centro histórico e na proximidade de locais mais antigos.

Apesar da continuidade verificada em relação ao período anterior, Barata Fernandes (1999, p. 170) refere este tipo de construção como solução para a consolidação do centro urbano. As alterações verificadas nesta tipologia são a construção de instalações sanitárias nas traseiras dos edifícios, no aumento do pé-direito por piso e na ampliação dos locais de arrecadação e armazenagem, figs 81 e 82. O esquema organizacional dos logradouros alterou-se com a inclusão de jardins e hortas.

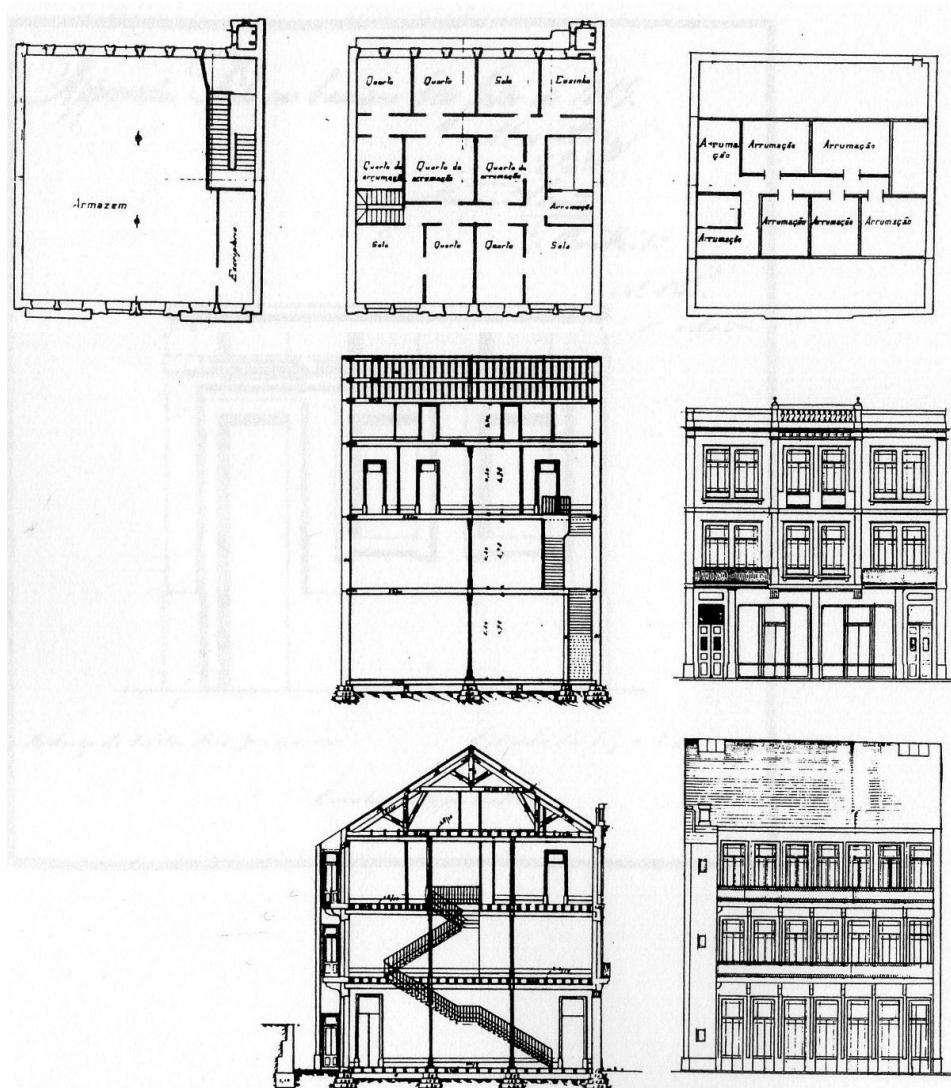


Fig. 81 – Visualização da ocorrência de algumas alterações no conjunto edificado e associação de dois lotes confinantes (Livro “Plantas de casas” n.º 188 cit. in Fernandes 1999, p. 184).

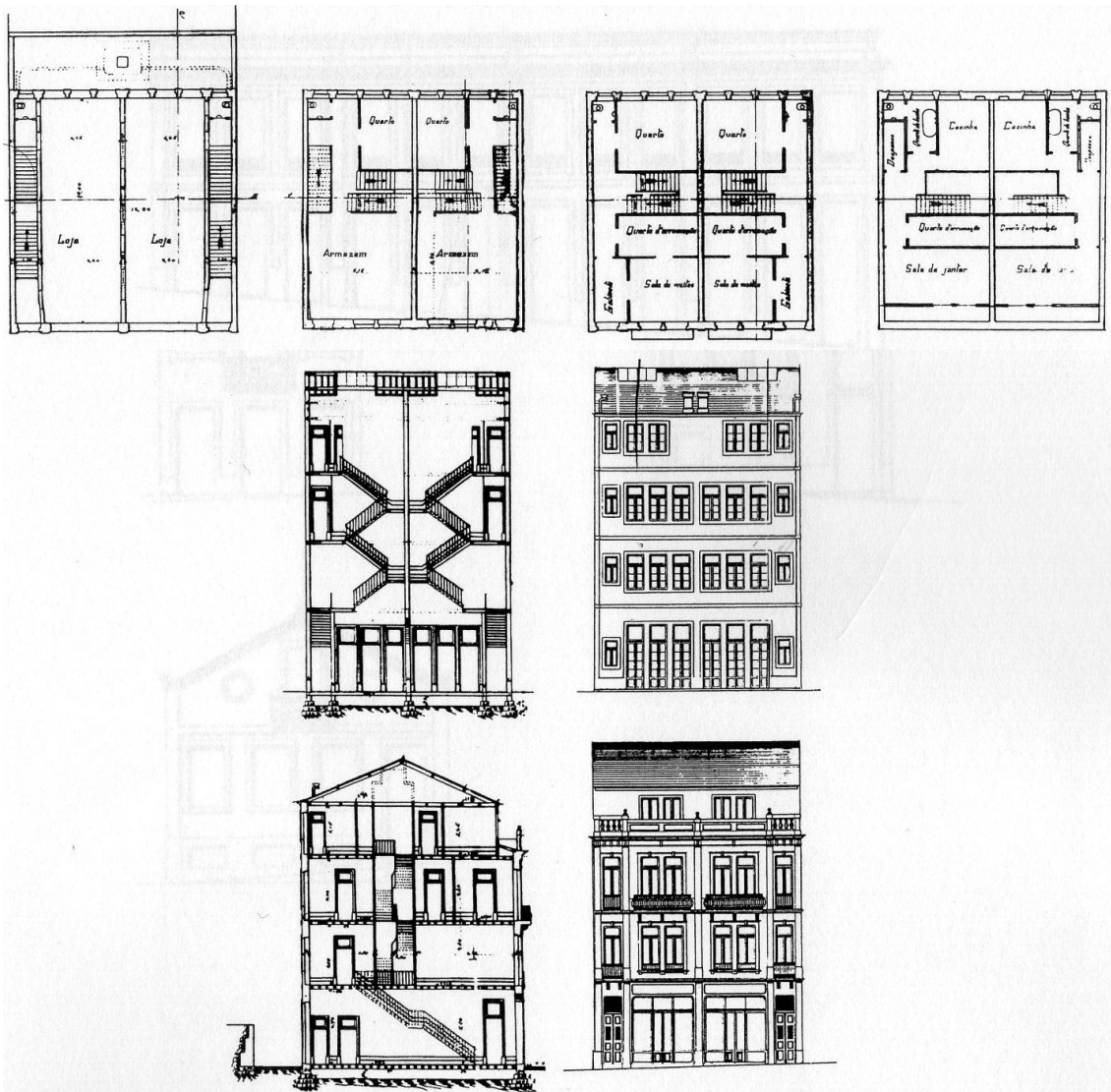


Fig. 82 – Visualização da ocorrência de algumas alterações nos dois edifícios confinantes e simétricos (Livro “Plantas de casas” n.º 188 cit. in Fernandes 1999, p. 185).

A largura do edifício continua a dominar a parte da frente do lote, com valores a rondar entre os 5,5 e os 6 metros. A profundidade das habitações apresenta valores entre os 15 e os 20 metros. A relação dos conjuntos edificados com os locais de implantação é igual às épocas anteriores, os edifícios são construídos na parte extrema do lote à face da rua.

II.2. Caracterização dos sistemas construtivos

Entre finais do século XVII a meados do século XIX, os sistemas construtivos dos edifícios antigos inseridos no centro histórico da cidade do Porto mantiveram-se face às pequenas alterações verificadas ao nível das tipologias.

Em termos de sistema construtivo, os conjuntos edificados são constituídos por elementos estruturais principais e secundários. De entre os elementos principais

destacam-se as paredes de meiação ou de empena, os pavimentos e a cobertura. Quanto aos elementos secundários salientam-se as paredes de fachada, as paredes interiores, as escadas interiores e as clarabóias (Teixeira, 2004, pp. 84-88-96-105-120-129-134). Como a estrutura principal e secundária dos edifícios não actua separadamente, a descrição dos sistemas construtivos foi realizada de forma generalizada.

Barata Fernandes (1999, p. 124) afirma que nos edifícios entre dois a três pisos, as paredes das fachadas são erguidas em alvenaria de granito, fig. 83. Segundo Teixeira (2004, p. 105), a espessura das paredes do alçado frontal está relacionada, com o número e o tamanho das aberturas e dos elementos que garantem a protecção dos vãos (portas, janelas e portadas interiores), fig. 84. O autor refere ainda que os vãos que apresentam uma largura de cerca de 1,25 m, a espessura da parede divide-se do seguinte modo: a parte da janela (aro da gola) compreende 20 cm e as dimensões das portadas situam-se entre os 40 e os 50 cm, fig. 85.

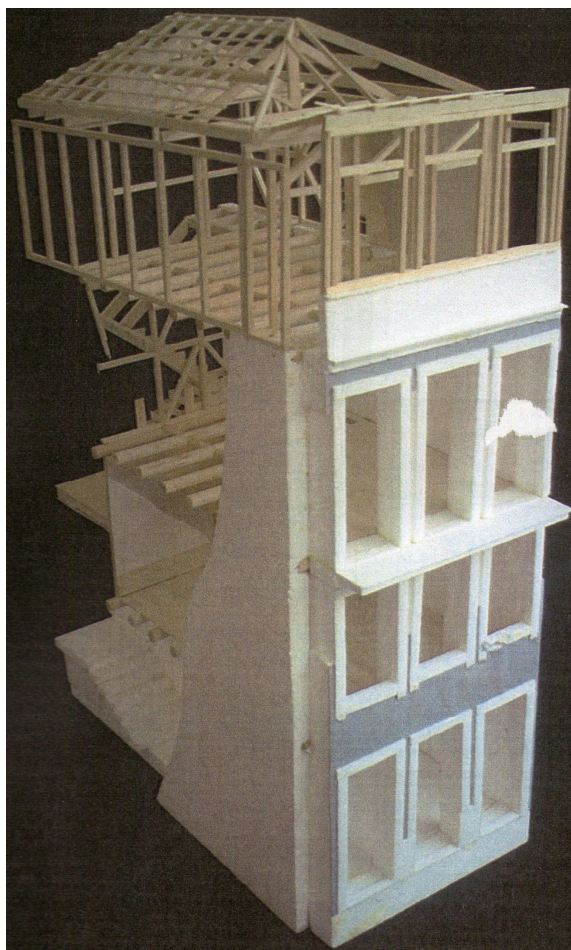


Fig. 83 – Materiais de composição das paredes de fachada num máximo de dois ou três pisos (Maqueta realizada por um grupo de alunos do ano lectivo 2001/2002 cit. in Teixeira 2004, p. 107).

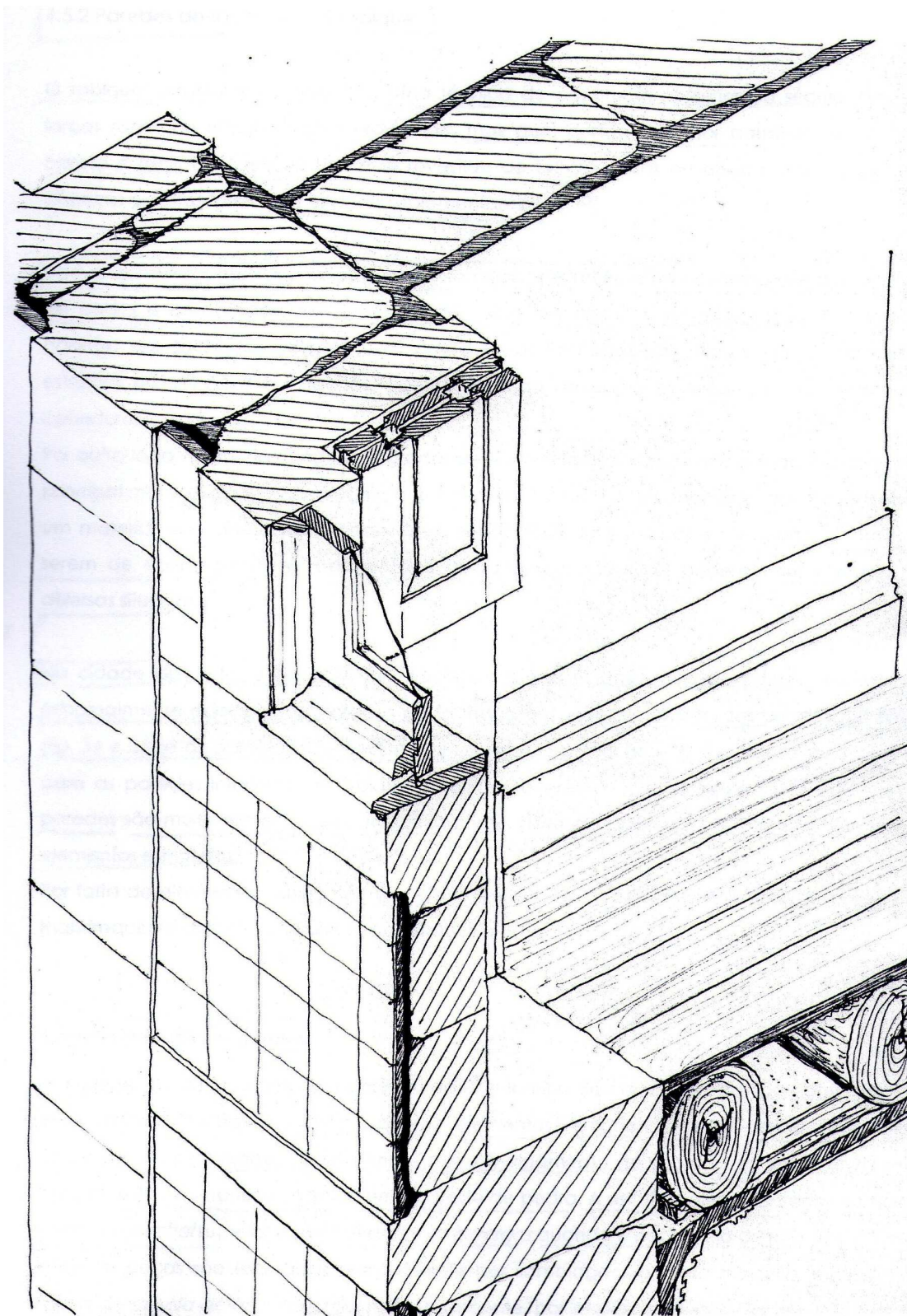


Fig. 84 – Visualização de um pormenor de parede de fachada, com a janela a garantir a protecção do vão (Teixeira, 2004, p. 110).

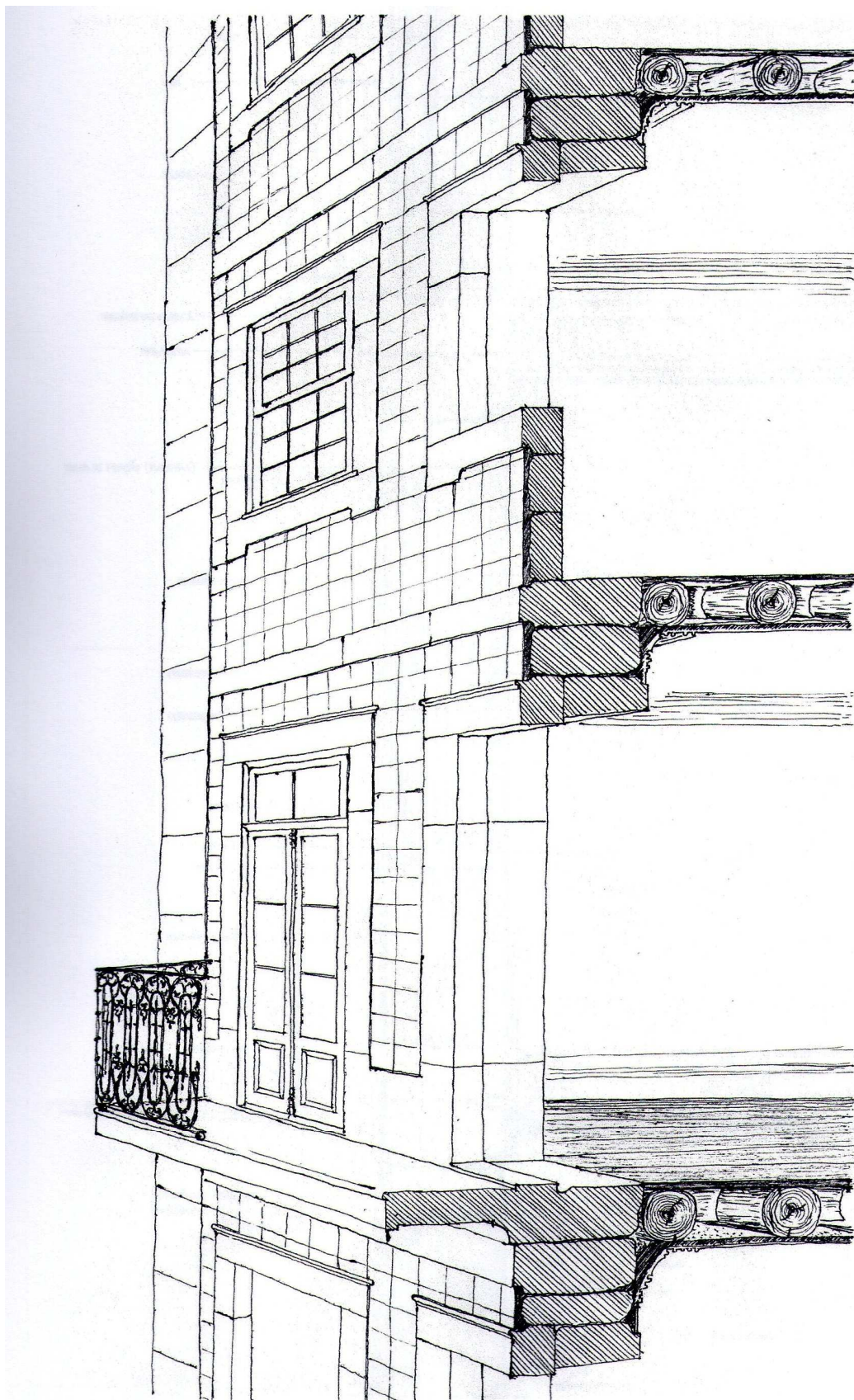


Fig. 85 – Visualização de um corte de parede de fachada principal e da distribuição da espessura das partes que compõem as paredes (Teixeira, 2004, p. 108).

As paredes de meação executadas em alvenaria de pedra (granito), comuns ou não a edifícios adjacentes, apresentam espessura entre 30 a 60 cm (Teixeira, 2004, p. 84). Espessuras entre 30 a 50 cm são geralmente paredes de folha única, habitualmente designadas de perpianhos ou travadouros, enquanto espessuras na ordem dos 60 cm ou superior a este valor correspondem, geralmente, a paredes de folha dupla (Almeida, 2013).

Em termos de paredes divisórias interiores, Barata Fernandes (1999, pp. 123-124) refere que no piso térreo são realizadas em alvenaria de granito e nos pisos superiores em tabique, tal como já foi observado na fig. 83.

De modo a não prejudicar os elementos em pedra, a solução estrutural em tabique é aceitável porque apresenta maior leveza. O tabique é executado com tabuado simples colocado na vertical que apresenta cerca de 4 a 5 cm de espessura, distanciado em 1 cm. Em ambos os lados do tabuado é feita a pregagem de fasquios, até ao limite do rodapé, para posteriormente serem aplicadas as argamassas de revestimento, fig. 86 (Teixeira, 2004, p. 120).



Fig. 86 – Visualização da constituição das paredes em tabique realizadas em tabuado simples.

Segundo Teixeira (2004, pp. 120-121), as paredes divisórias interiores em tabique, com duplo tabuado devem ter sido executadas entre os finais do séc. XVIII e durante o decorrer do séc. XIX. Cada tábua destas paredes apresenta cerca de 2 cm de espessura, com a possibilidade de serem colocadas na vertical e na diagonal. Nas paredes interiores são colocados os fasquios, espaçados entre 3 a 5 cm para serem aplicadas as argamassas de reboco e acabamento. Exemplos de paredes divisórias interiores com as características mencionadas foram visualizadas num edifício localizado na Rua Mouzinho da Silveira, em pleno centro histórico da cidade do Porto, possivelmente datado do séc. XIX, fig. 87.



Fig. 87 – Visualização da constituição das paredes em tabique executadas em duplo tabuado.

O tabique também pode ser aplicado na execução das paredes de meação. Contudo, segundo Teixeira (2004, p. 84) a execução deste elemento estrutural em alvenaria de pedra em substituição ao tabique misto deve-se a questões relacionadas com a segurança, nomeadamente a minimização da ocorrência de incêndios e pela existência em grandes quantidades deste material nos subúrbios da cidade do Porto.

As paredes de meação, segundo Teixeira (2004, p. 84) podem ser “individuais ou comuns a duas casas.” De acordo com as imagens é possível visualizar paredes de meação individuais em pisos superiores, executadas em tabique misto, figs. 88 e 89.

Segundo Teixeira (2004, p. 84) o sistema construtivo em tabique misto está relacionado com a técnica “fachwerk”. O sistema “fachwerk”, usado em países do Norte da Europa

(Inglaterra e França) (Oliveira e Galhano, 1958, p. 648) é definido através de uma estrutura em madeira (gaiola), constituída por barrotes formados em prumos, frechais, travessanhos e escoras. Cada sector do tabique contém diagonias que formam as cruces de Santo André e os materiais utilizados na constituição estrutural são a pedra ou o tijolo maciço (Teixeira, 2004, p. 84).



Fig. 88 - Visualização da constituição das paredes em tabique misto (Carvalho, Guimarães e Barroca, 1996, p.28).



Fig. 89 - Visualização da constituição das paredes em tabique misto (Carvalho, Guimarães e Barroca, 1996, p.28).

De facto, é de referir que durante a época em estudo, registaram-se mudanças significativas em termos estruturais e construtivos, tais como o aumento do número de pisos sobre uma estrutura inicialmente construída em granito, fig. 90. De modo a evitar pesos acrescidos que possam contribuir para a maior deformabilidade das estruturas iniciais, Teixeira (2004, p. 113) refere que habitualmente as paredes de empena dos pisos recuados e acrescentos executados numa fase posterior são em estrutura de tabique misto.



Fig. 90 – Visualização de um piso acrescentado em tabique, sobre pisos construídos em granito, em Miragaia (Diogo, 2010, p. 76).

Segundo Teixeira (2004, p. 112), o princípio construtivo do uso da técnica em tabique é aplicável na execução de paredes de fachada de andares recuados ou acrescentados. Relativamente a época em estudo, o mesmo autor afirma que na cidade do Porto

existem as paredes de tabique simples e as de tabique simples reforçado, com semelhanças construtivas e distinções ao nível da forma e da quantidade de peças estruturais.

As paredes de tabique simples são compostas por prumos verticais, distânciados à volta de 1 m, com apoio no vigeamento do pavimento ou num frechal quando se encontram no alinhamento da parede de pedra. Na realização de vãos é acrescentado à estrutura das paredes um frechal superior, travessanhos e vergas. Na estrutura destas paredes é colocado um duplo tabuado na vertical e na diagonal, com espessura à volta de 2 cm, com pregagem de fasquios horizontais em ambos os lados para receberem os revestimentos, figs. 91 e 92 (Teixeira, 2004, pp. 112-113).



Fig. 91 – Parede de fachada em tabique simples, composta por prumos, duplo tabuado colocado na vertical e diagonal e com pregagem de fasquios horizontais, revestidos a reboco (Teixeira, 2004, p. 114).



Fig. 92 – Parede de fachada em tabique simples, constituída de igual modo à parede anterior (Teixeira, 2004, p. 114).

Estruturalmente, as paredes de tabique simples reforçado aproximam-se das paredes de tabique misto, com barrotes colocados em prumos, frechais, travessanhos, vergas e escoras, fig. 93. O tabuado colocado nos dois lados apresenta uma espessura média de 2 cm e no seu interior são depositados pedaços de madeira, cortiça e folhas de jornal. O ripado horizontal é também colocado em ambas as faces para apoio dos revestimentos, fig. 94 (Teixeira, 2004, p. 113).



Fig. 93 – Parede de fachada em tabique simples reforçado, constituída por prumos, travessanhos e escoras, com tijolo maciço no seu enchimento (Teixeira, 2004, p. 114).

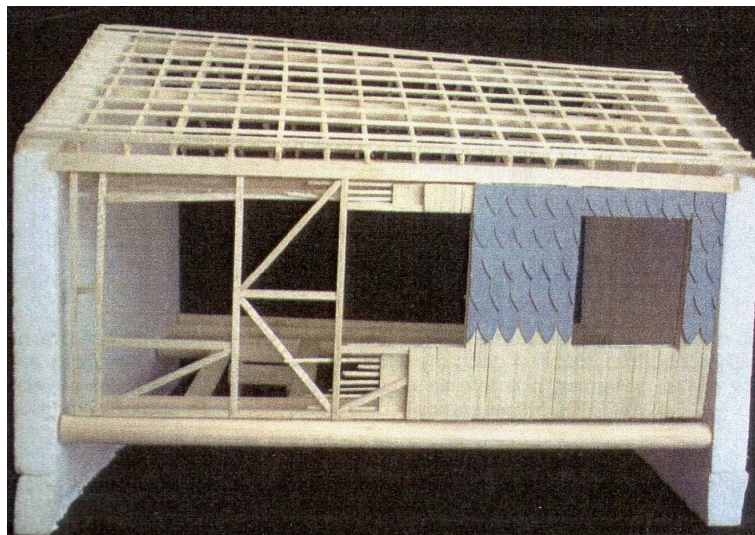


Fig. 94 – Parede de fachada em tabique simples reforçado, composta por prumos, frechais, travessanhos, vergas e escoras, com ripado horizontal no interior e tabuado colocado nos dois lados, com aplicação de soletos de ardósia pelo exterior (Maqueta realizada por um grupo de alunos do ano lectivo 2002/2003 *cit. in* Teixeira 2004, p. 116).

Os pavimentos são executados em estrutura de madeira. A constituição estrutural dos pisos ou sobrados é em vigas de troncos de madeira, designadas de paus rolados³, com diâmetros compreendidos entre os 20 e os 30 cm e utilizadas como suporte dos revestimentos dos pavimentos e dos tectos, fig. 95. O travamento das vigas era realizado através de tarugos colocados transversalmente, afastados à volta de 1,5 m. O vigeamento era colocado paralelamente e apoiava nas paredes de meação em alvenaria de pedra, em cerca de 2/3 ou na totalidade da espessura da parede. O afastamento entre as vigas era compreendido entre 50 a 70 cm e o seu comprimento dependente da largura dos edifícios, sem exceder 7 m (Teixeira, 2004, p. 88).

O revestimento dos pavimentos é efectuado em tabuado de madeira, designado de soalho, com incidência para o uso do pinho. As tábuas são pregadas às vigas e as espessuras rondam os 2,5 e os 5 cm, com larguras compreendidas entre os 12 e os 30 cm, com a possibilidade do comprimento máximo corresponder a 10 m. Normalmente, os edifícios mais antigos possuem tabuados de dimensões mais elevadas (Teixeira, 2004, pp. 88-93).

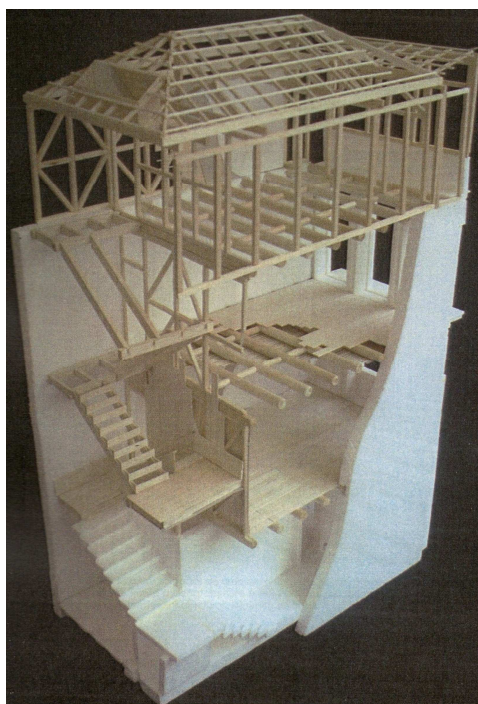


Fig. 95 – Características gerais da constituição estrutural dos pisos ou sobrados (Maqueta elaborada por um grupo de alunos do ano lectivo 2001/2002 cit. in Teixeira 2004, p. 90).

³ Os paus rolados são elementos correspondentes às vigas de madeira que apresentam a forma natural irregular do tronco ou toro de madeira, mas com a casca retirada (<http://construironline.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=1789>).

As vigas do pavimento são igualmente colocadas junto às paredes de fachada, tal como se pode visualizar na fig. 96. Ainda na fig. 96 é possível observar os casos de interrupção das vigas principais, estando o vigamento principal apoiado em vigas transversais, designadas de cadeias, localizadas em frente às aberturas e apoiadas na parede (Teixeira, 2004, pp. 88-91-207).

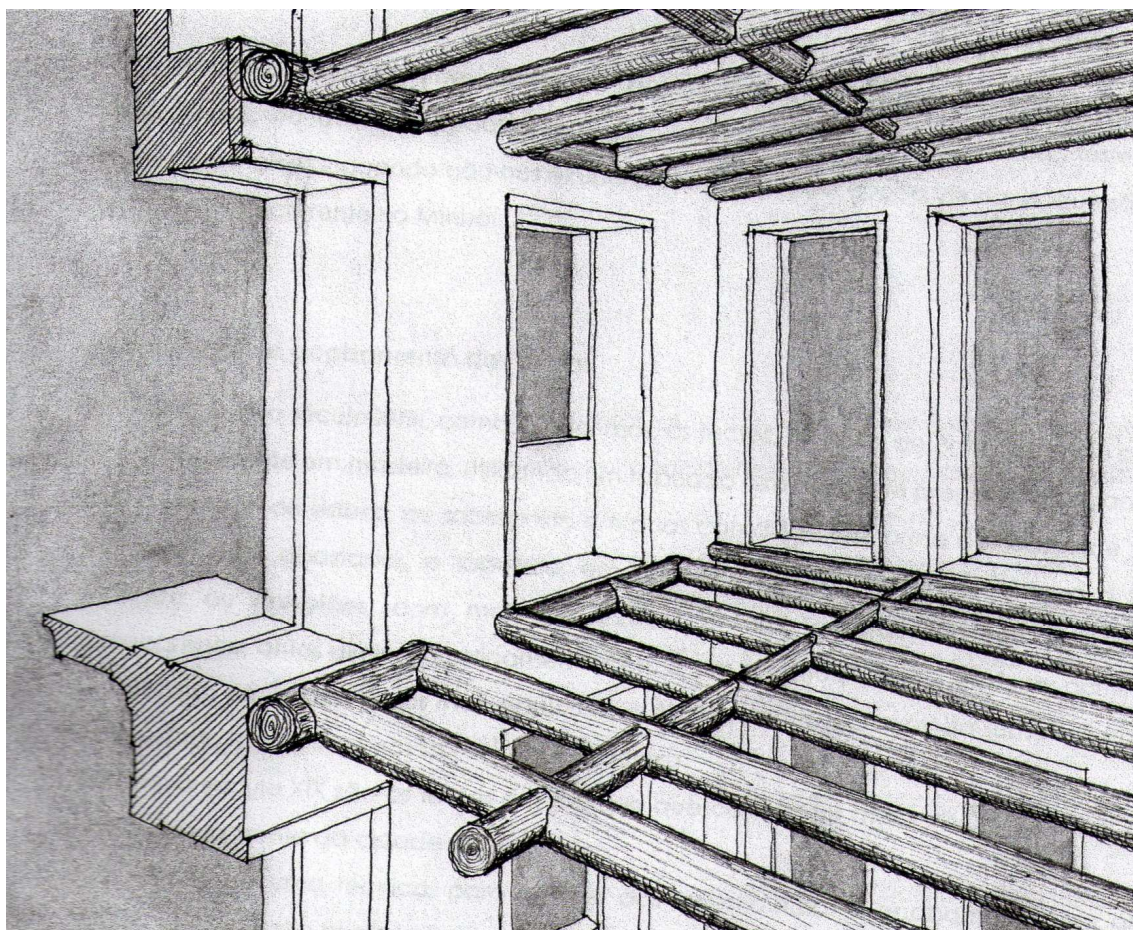


Fig. 96 – Visualização da colocação de uma viga, junto da parede da fachada principal (Teixeira, 2004, p. 91).

O revestimento dos tectos até aos fins do século XVIII era efectuado em tabuado, em modo de forro de esteira. Nos edifícios mais ricos, o tabuado era elaborado em madeira de castanho (Meira *cit. in* Teixeira 2004, p. 93). Teixeira (2004, p. 93) afirma que esta técnica de execução dos revestimentos dos tectos em madeira foi substituída em grande escala no decorrer do século XIX pela arte do estuque. A aplicação dos revestimentos e acabamentos em gesso é efetuada sobre uma estrutura de pequeno ripado, denominado de fasquios, fig. 97 (Esselborn *cit. in* Teixeira 2004, p. 93). O acabamento com motivos decorativos variava de acordo com o gosto e a capacidade económica dos proprietários, fig. 98 (Teixeira, 2004, p. 94).



Fig. 97 – Pormenor de um tecto revestido em fasquios, com revestimento e acabamento em gesso (Foto de um grupo de alunos do ano lectivo 2002/2003 cit. in Teixeira 2004, p. 95).

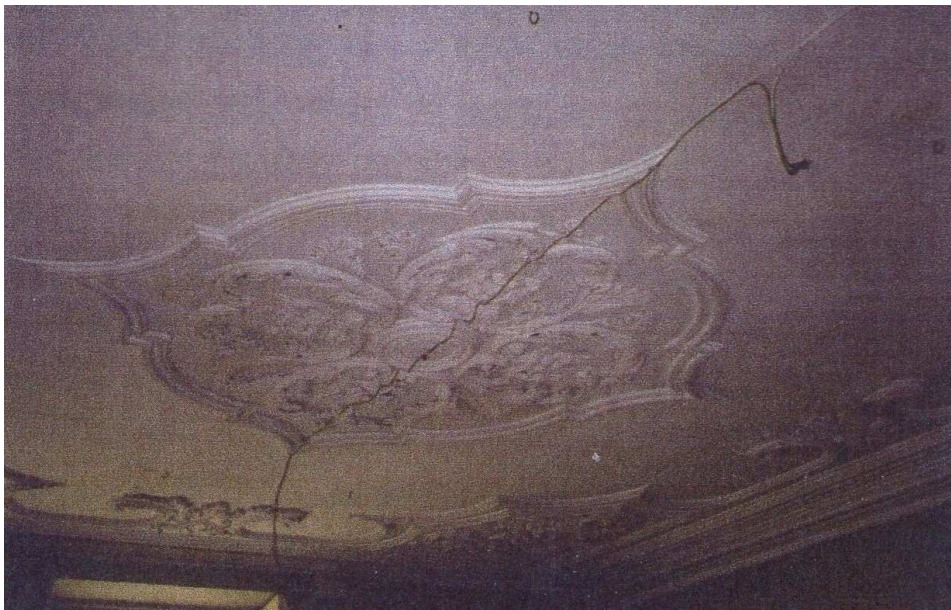


Fig. 98 – Acabamento de um tecto com diversos motivos em estuque (Foto de um grupo de alunos do ano lectivo 2002/2003 cit. in Teixeira 2004, p. 95).

Segundo Oliveira e Galhano (*cit. in* Teixeira 2004, p. 96), até cerca da primeira metade do século XIX, a grande maioria das coberturas dos edifícios do Porto apresentavam quatro águas. A estrutura que define as coberturas dos edifícios é designada de asna. Segundo Teixeira (2004, p. 96), as asnas mais antigas eram definidas através de duas vigas pernas, colocadas em tesoura que se uniam superiormente e apoiavam-se numa viga transversal ou linha, apoiada nas paredes de meação, fig. 99. Muitas vezes, o travamento transversal era efectuado através de outra viga (nível), colocada à volta de 2/3 da altura, fig. 100. Na zona da cumeeira, o travamento longitudinal era realizado através do pau de fileira, enquanto que a meio do vão das duas pernas era efectuado pelas madres.

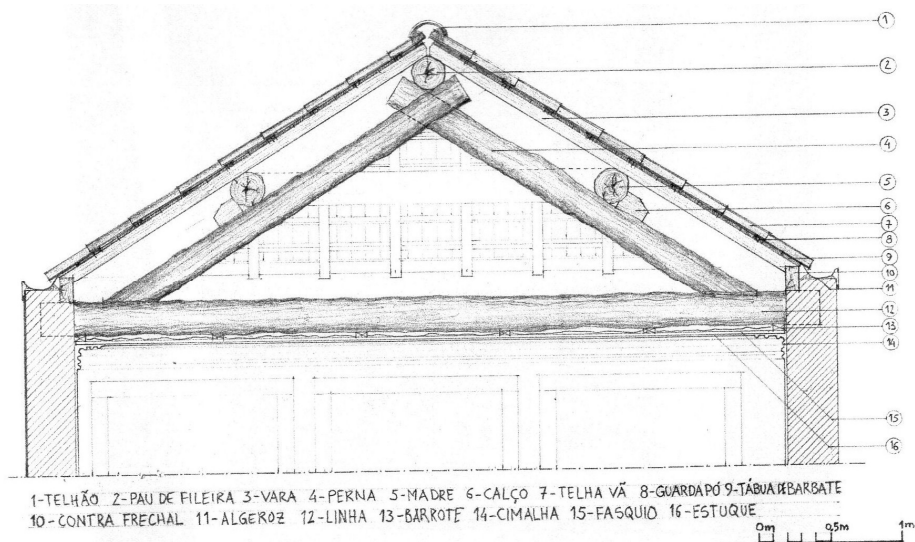


Fig. 99 – Visualização de uma asna sem nível (Teixeira, 2004, p. 98).

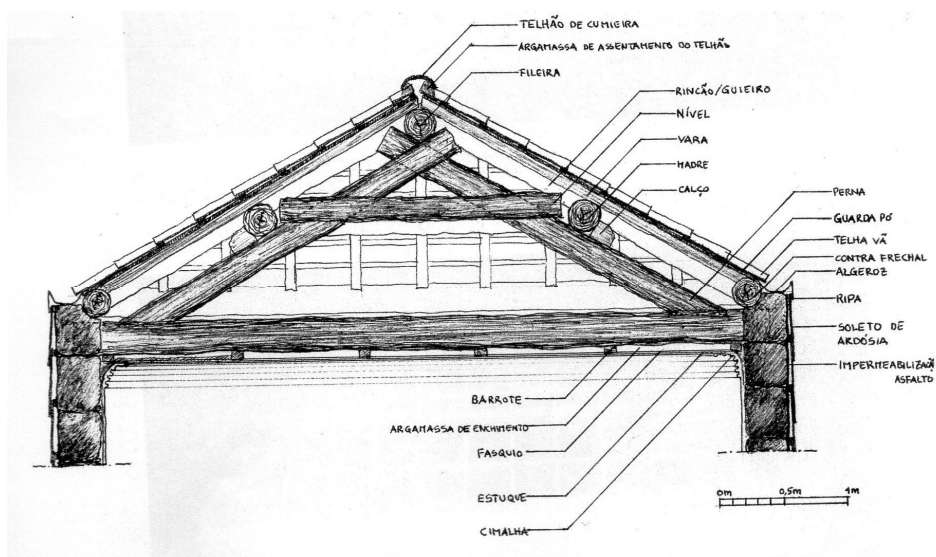


Fig. 100 – Visualização de uma asna com nível (Teixeira, 2004, p. 98).

A asna estruturalmente mais complexa, introduzida nos edifícios do Porto nos fins do século XIX é composta por linha, pendural e escoras, fig. 101. Os primeiros conjuntos foram executados com paus rolados, fig. 102 e numa fase posterior em vigamento de madeira esquadriado, fig. 103 (Teixeira, 2004, p. 96).

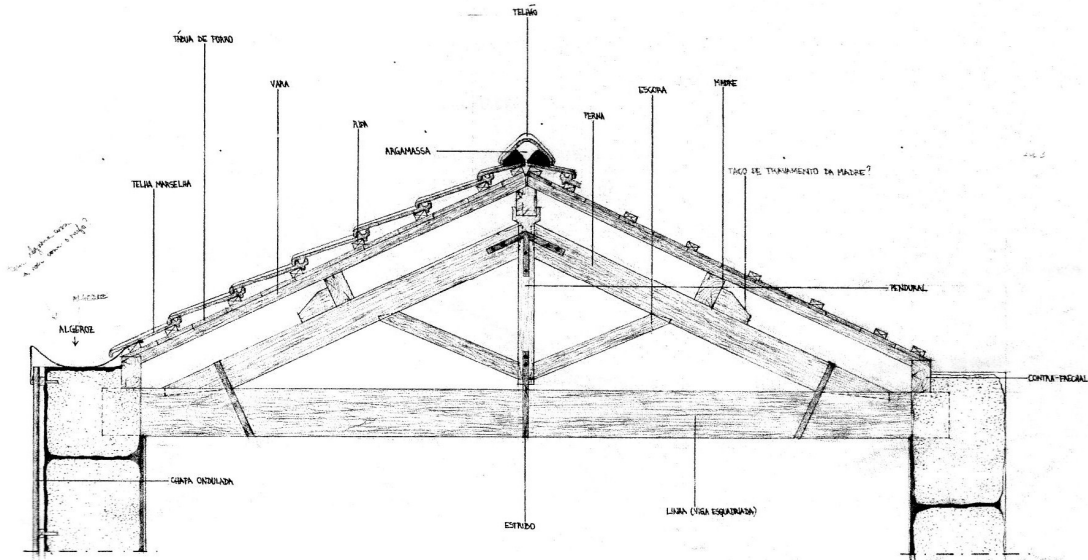


Fig. 101 – Pormenor de uma asna mais complexa, constituída por linha, pendural e escoras (Desenho elaborado por um grupo de trabalho do ano lectivo 2001/ 2002 cit. in Teixeira 2004, p. 100).



Fig. 102 – Pormenor de uma asna mais complexa elaborada em paus rolados.

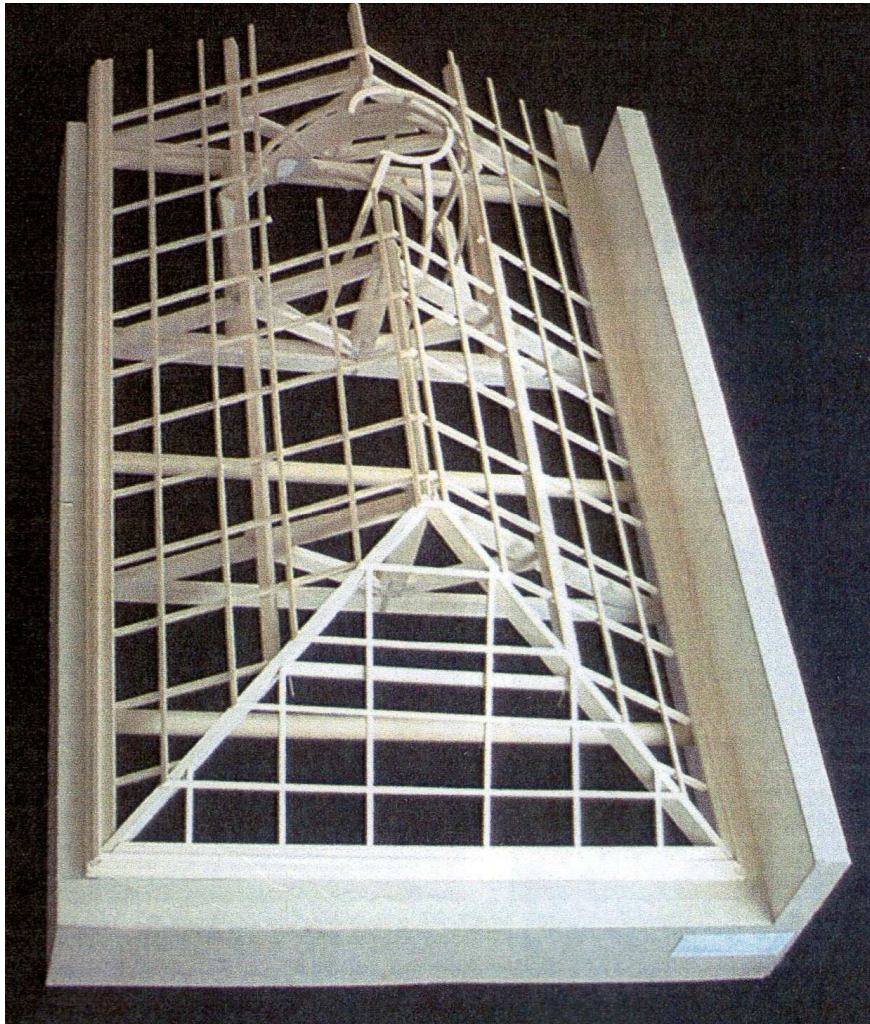


Fig. 103 – Pormenor da estrutura de uma cobertura de quatro águas e visualização de uma asna complexa executada em vigamento de madeira esquadriado (Maqueta realizada por um grupo de alunos do ano lectivo 2002/2003 *cit. in* Teixeira 2004, p. 102).

Oliveira e Galhano (*cit. in* Teixeira 2004, p. 97) afirmam que no final do século XIX passa a ser comum o telhado de duas águas, no sentido frente-traseiras. Sobre este aspecto, Teixeira (2004, p. 97) refere que a aplicação da telha plana ou Marselha fez com que aumentasse a execução de coberturas de duas águas, o que possibilitava uma maior inclinação e um melhor aproveitamento de sótão.

As asnas que definiam as coberturas de duas águas eram formadas por vigas de madeira (paus rolados), com o apoio das paredes de empena e com afastamento entre si à volta de 1,5 m. Por cima das vigas era aplicado o varedo e o ripado para receber a telha Marselha, fig. 104 (Teixeira, 2004, p. 97).

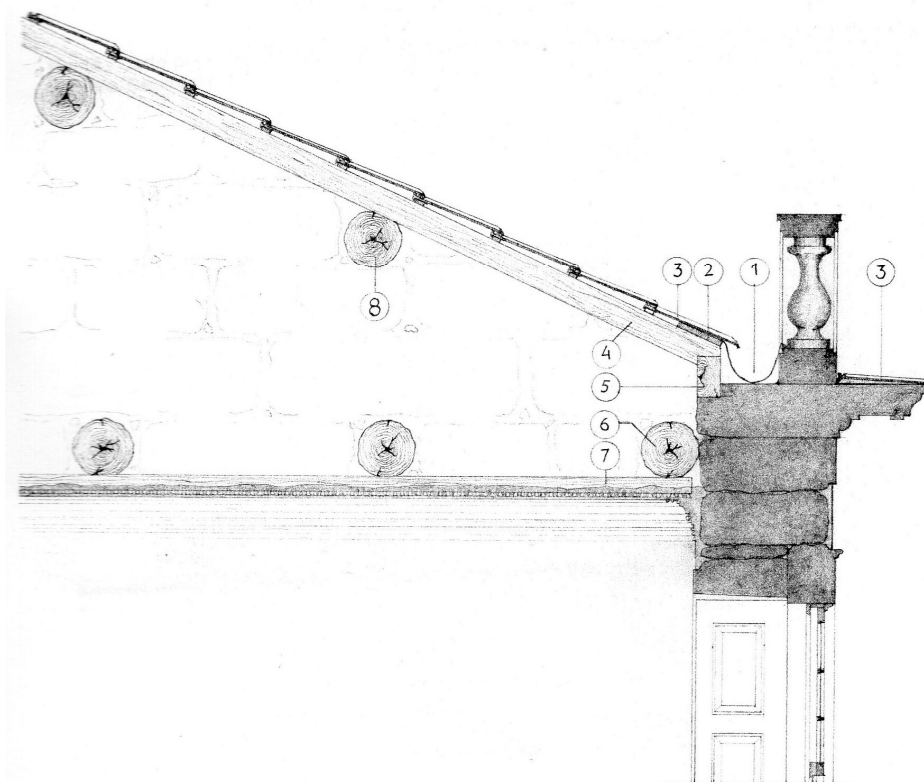


Fig. 104 – Visualização de um corte de asna, na execução de cobertura de duas águas. Legenda: 1 – Algeroz, 2 – Tábua de Barbate, 3 – Telha Marselha, 4 – Vara, 5 – Contra frechal, 6 – Viga de apoio da estrutura do tecto, 7 – Barrote, 8 - Madre (Teixeira, 2004, p. 100).

Quanto às clarabóias, Oliveira e Galhano (*cit. in* Teixeira 2004, p. 134) afirmam que as coberturas dos edifícios do Porto possuem uma multiplicidade de clarabóias, mas em maior número as que apresentam o formato circular ou elíptico, fig. 105.



Fig. 105 – Formato circular ou elíptico da clarabóia.

De acordo com Teixeira (2004, p. 134), as claraboias eram compostas por duas cadeias, duas vigas do tecto e alguns barrotes nos cantos que definiam o formato circular ou elíptico da clarabóia, fig. 106. Este princípio era repetido ao nível do varedo no plano da cobertura, com igual ou menor área. A constituição das paredes dos cones das clarabóias circulares ou elípticas era em aduelas encaixadas no tecto e nas águas da cobertura, distanciadas à volta de 0,5 m e o travamento destes elementos era realizado a meia altura através de travessanhos e na parte superior, um frechal curvo de coroamento servia de suporte à estrutura metálica do lanternim (Teixeira, 2004, p. 135).

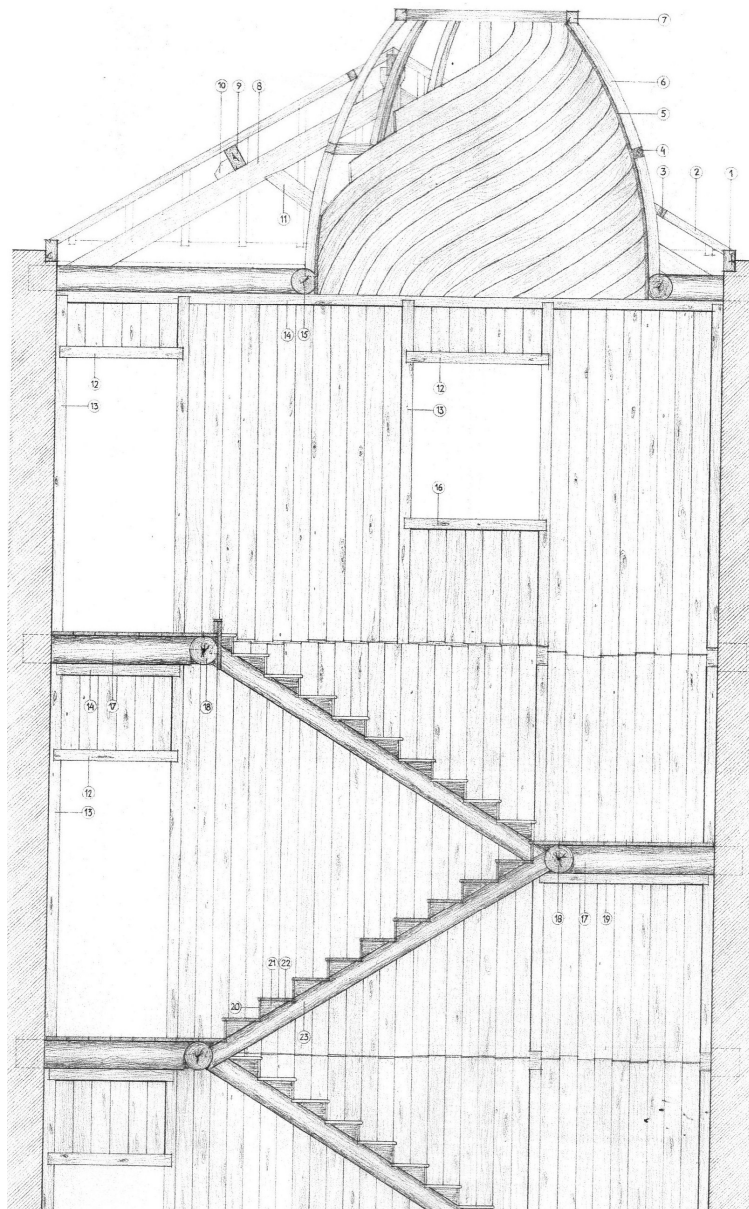


Fig. 106 – Visualização na parte superior do desenho, da constituição estrutural da clarabóia. Legenda: 1 – Contra frechal, 2 – Vara, 3 – Barrote cadeia, 4 – Travessanho da estrutura da clarabóia, 5 – Tabuado, 6 – Aduela, 7 – Frechal de coroamento, 8 – Perna da asna, 9 – Madre, 10 – Calço, 11 – Escora, 14 – Frechal, 15 – Cadeia da clarabóia (Teixeira, 2004, p. 130).

Posteriormente, na estrutura cónica das clarabóias era colocado na diagonal um tabuado com a espessura média de 1 cm, no sentido de minimizar a sua curvatura e sobre o qual eram pregados os fasquios para receberem as argamassas de revestimento, fig. 107 (Teixeira, 2004, p. 135).

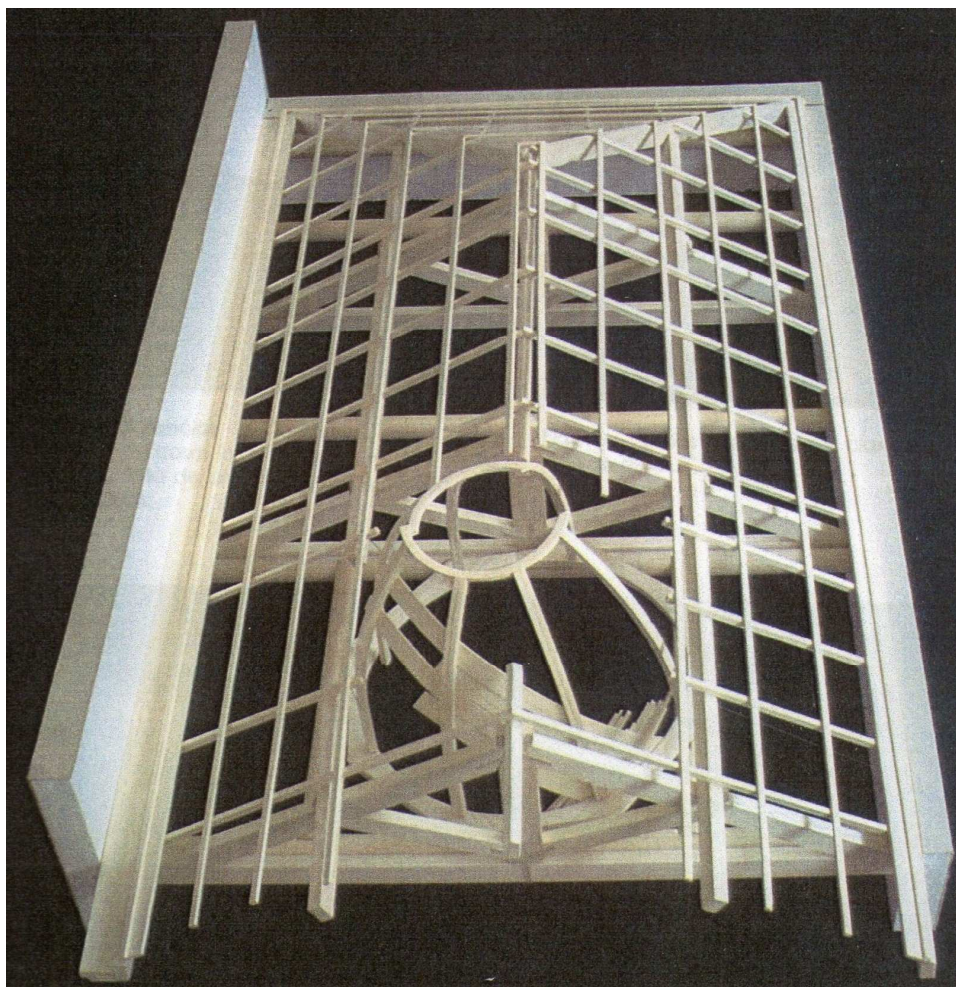


Fig. 107 – Pormenor da estrutura de uma cobertura de quatro águas e visualização da estrutura da clarabóia, com o tabuado e os fasquios colocados na diagonal (Maqueta realizada por um grupo de alunos do ano lectivo 2002/2003 cit. in Teixeira 2004, p. 138).

As escadas interiores são realizadas em estrutura de madeira. Teixeira (2004, p. 129) refere que são constituídas por duas ou três vigas pernas, consoante a largura do lanço e apoiam-se nas cadeias e chinchareis⁴ dos patamares de piso e dos patamares intermédios, fig. 108.

⁴ Os chinchareis são vigas que apresentam menor comprimento, que se encontram nos patamares de piso e nos patamares intermédios e apoiam-se entre as cadeias que servem de apoio às vigas pernas das escadas e nas cadeias contíguas às paredes de meação quando existem, ou directamente nas paredes meiras (Teixeira, 2004, pp. 129-208).



Fig. 108 – Vista do apoio das três vigas pernas, nas cadeias e chinchareis dos patamares de piso e dos patamares intermédios.

As vigas dos pisos servem de apoio às cadeias dos patamares de piso, onde se situavam as referidas vigas e o apoio dos chinchareis pode ser efectuado em cadeias ou directamente nas paredes de empena, fig. 109. A parede da caixa de escadas servia de suporte à cadeia dos patamares intermédios, fig. 110 (Teixeira, 2004, p. 129).



Fig. 109 – Visualização das cadeias dos patamares de piso a apoiarem nas vigas dos pisos, e do apoio dos chinchareis nas cadeias e nas paredes de empena.



Fig. 110 – Visualização da parede da caixa de escadas a suportar a cadeia dos patamares intermédios.

II.3. Materiais utilizados na construção de casas

II.3.i. Pedra

Desde os primórdios da civilização humana que a pedra desempenha um papel fundamental na construção, quer de habitações, monumentos, estradas, pontes, aquedutos, entre outros. A cidade do Porto, tal como tantas outras cidades, evidencia a importância deste elemento na sua génese construtiva. A pedra pode apresentar variadas dimensões e formas e apesar de poder ser colocada em bruto, obedece primeiro a uma preparação superficial (corte ou o talhe), o que não impede de determinar a sua origem natural, depois de aplicada. Os nossos antepassados avaliavam as propriedades das pedras de forma empírica, pela observação directa. Por isso, a qualidade da avaliação feita dependia da capacidade e experiência dos observadores (Teixeira, 2004, p. 50).

Segundo esses conhecimentos empíricos, o Verão é a melhor época para a extracção de pedras, de modo a expelir a água que possam eventualmente ter retido (Menicali *cit. in*

Teixeira 2004, p. 50). Outro princípio defende que as pedras (Guerra *cit. in* Teixeira 2004, p. 50) a serem utilizadas na construção devem ser previamente expostas “ (...) à acção do ar, da água, do gelo e/ou do fogo.” Menicali (*cit. in* Teixeira 2004, p. 50) complementa que esta acção deve ser realizada durante alguns meses (até cerca de dois anos) para permitir determinar a sua resistência em condições atmosféricas extremas e, assim, possibilitar a escolha mais adequada do material a ser utilizado na construção.

Outros factores fundamentais na determinação da qualidade da pedra estão relacionados com a sua cor, peso, granulometria, a sua quantidade de veios ou a presença de argila (Menicali *cit. in* Teixeira 2004, p. 51). Assim, a pedra facilmente lascável indicia elevado nível de absorção de humidade, o que pode não ser conveniente e no estudo comparativo de pedras da mesma espécie e com o mesmo volume, a pedra que tiver mais peso será a mais resistente (Guerra *cit. in* Teixeira 2004, p. 51). Outro dos princípios seguidos pelos construtores de épocas passadas (Guerra *cit. in* Teixeira 2004, p. 51) impunham que as pedras fossem colocadas em obra na posição que tinham quando foram extraídas na pedreira, uma vez que, segundo Menicali (*cit. in* Teixeira 2004, p. 51) a sua resistência varia de acordo com a “ (...) direcção em que se lhe aplica o esforço”, ou seja, as pedras estruturais de uma obra “ (...) eram colocadas de forma a que o peso da estrutura actuasse na direcção perpendicular ao seu leito de origem”.

A pedra mais utilizada no Porto é o granito, que existe em grandes quantidades nas periferias da cidade (Costa *cit. in* Teixeira 2004, p. 51) e sobre este aspecto, Afonso (2000, p. 48) afirma que há uma referência de 1308, a constatar que existia uma pedreira no Olival. Segundo Paz Branco (1982, p. 15), os granitos pertencem ao grupo das rochas ígneas, com uma densidade que varia de 2500 a 3000 kg/m³, a rotura apresenta valores entre 150 a 270 MPa e a trabalhabilidade é variável, agravando-se, mas com uma excelente aderência às argamassas.

Na cidade do Porto, o granito azul constituía a melhor opção para a execução da alvenaria ordinária (perpianho ou travadouros), a ser revestida por reboco; o granito amarelo apresenta melhor trabalhabilidade e era aplicado nos trabalhos de cantaria (molduras de portas e janelas, sacadas, pilastras, frisos, cimalhas, entre outros elementos decorativos) (Teixeira, 2004, p. 52).

Segundo Casella (2003, p. 20), no distrito do Porto existem diversas designações de granitos. Quanto aos granitos azuis, no concelho de Paços de Ferreira existem o “azul cinzento” ou “cinzento de Paços de Ferreira” e o “azul zara”. No concelho de Marco de Canavezes o “azul fino”. Relativamente aos granitos amarelos, no concelho de Felgueiras predomina o “amarelo de felgueiras” e no concelho de Paços de Ferreira o “amarelo ouro”.

Segundo a consulta do catálogo de rochas ornamentais Portuguesas, o granito “azul cinzento” ou “cinzento de Paços de Ferreira” apresenta uma resistência à compressão de 138 MPa e uma densidade aparente de 2700 kg/m³ (<http://rop.ineti.pt/rop/FormTipo.php>).

Dado a ausência de uma descrição dos elementos de granito amarelo no catálogo das rochas ornamentais portuguesas, a opção escolhida incidiu no granito “amarelo Vila Real” ou “amarelo real”, devido à sua exploração ser mais próxima do distrito do Porto. As informações que se obtiveram, permitiram verificar que se trata de um granito menos duro que o granito azul apresentando as seguintes propriedades: resistência à compressão de 83 MPa e a densidade aparente de 2580 kg/m³ (<http://rop.ineti.pt/rop/FormTipo.php>).

II.3.ii. Madeira

A madeira, para além de ser um material de grande diversidade quanto às suas características mecânicas, de densidade, cor, textura, é de proveniência natural, o que a tornou um dos principais recursos da maioria das civilizações anteriores à Revolução Industrial. De facto, a madeira tornou-se numa das mais ricas matérias-primas do nosso planeta, não só pela sua beleza natural, mas também pelas suas diversas aplicações.

A grande vantagem do recurso e transformação deste produto consiste na possibilidade da devolução do mesmo à natureza, ao meio que a originou. Este facto é importante, uma vez que permite a utilização sustentada da madeira, desde que a reintegração deste recurso na natureza seja realizada a um ritmo adequado, de maneira a que a sua regeneração seja superior à respectiva taxa de consumo. De outro modo, o nosso ecossistema ficaria seriamente comprometido.

Na construção de edifícios antigos, a madeira era um dos materiais mais utilizados, nomeadamente devido à capacidade de funcionamento à tracção (além do ferro) e além de ser um recurso que existia em todo o país, tinha boa trabalhabilidade e facilidade de transporte (Teixeira, 2004, p. 53).

As vantagens das construções de madeira, comparativamente com as de alvenaria de pedra são sobretudo a maleabilidade, o menor peso e o custo mais reduzido. Mas por outro lado, existem também desvantagens associadas, nomeadamente a combustibilidade fácil, a degradação e apodrecimento devido à exposição do material às intempéries atmosféricas e ao contacto com determinados insectos, moluscos e vegetais que influenciam a sua durabilidade (Segurado, pp. 240-241).

Depois do abate da árvore, a madeira entra em processo de secagem, que consiste em retirar-lhe a maior quantidade de água possível, a fim de evitar variações de dimensões, obter mais resistência e evitar a putrefacção. Ao fim de seis meses após o corte, a árvore pesa apenas 90% do peso inicial. Ao fim de um ano decresce para 80%; ao fim de dois anos o peso diminui mais 5% e na secura completa pesa 70% (Segurado, p. 242).

A madeira utilizada na construção deve estar bem seca para evitar quer o empenamento, quer o apodrecimento (Teixeira, 2004, p. 54). O carácter higrométrico da madeira condiciona a sua absorção e evaporação da água, alterando as suas dimensões transversais. Para assim se proteger a madeira e evitar esta variação (aumento / contracção de volume) deve-se pintar ou envernizar a sua superfície exterior (Segurado, p. 242) e segundo Guerra (*cit. in* Teixeira 2004, p. 54) este princípio deve ser aplicado, depois de o material estar bem seco e aplicado em obra.

A madeira utilizada nas antigas casas burguesas do Porto, vinha essencialmente dos subúrbios da cidade, e em menor escala do Pinhal de Leiria (Teixeira, 2004, p. 54). Algumas cidades do Norte da Europa (Dantzig e Riga) eram também importantes fornecedoras da madeira (Dicionário de História de Portugal *cit. in* Teixeira 2004, p. 54).

No vigamento dos sobrados e na estrutura das coberturas são usados o castanho, o carvalho e nalgumas situações o pinho de Riga. O pinho manso e a casquinha eram utilizados nos soalhos e caixilharias exteriores e interiores, além de se usar o pinho nacional que era também aplicado nas estruturas e revestimentos dos tabiques.

Nalgumas situações pontuais, no período do século XIX, em trabalhos mais requintados (lambrins, caixilharias interiores e alguns tectos) utilizavam-se madeiras nobres como o mogno, ou outras vindas do Brasil e África (Teixeira, 2004, p. 54).

O valor da densidade média, das madeiras é referido na tabela 1.

Madeiras	Densidade média (kg/m ³)
Castanho	606
Carvalho	1128
Pinho de Riga	602
Pinho Manso	583
Casquinha	436
Mogno	590

Tabela 1 – Valores das densidades médias, das madeiras utilizadas nas antigas casas burguesas do Porto (Segurado, pp. 243-244).

Um dos elementos construtivos típico das casas da cidade do Porto é o tronco ou toro de madeira, designado por pau rolado. Este era utilizado não só na estrutura dos sobrados, mas também na estrutura das escadas interiores e na estrutura dos telhados. O referido toro, vulgarmente de carvalho ou castanho e algumas vezes de Riga, era falqueado em duas faces para apoiar os revestimentos do soalho e do tecto. Quando colocado junto às paredes das fachadas o toro era falqueado em quatro faces ou como cadeia (Teixeira, 2004, pp. 55-56).

No período correspondente ao século XVIII e no começo do século XIX, os elementos principais das coberturas (tesouras, fileiras, madres, frechais e contra-frechais) apresentavam a forma de paus rolados (Teixeira, 2004, p. 56).

II.3.iii. Argamassa

A argamassa é o produto que resulta da mistura de três elementos: os inertes (areia ou pó de pedra), os ligantes (cal, gesso, argila ou cimento) e a água para originar a pasta. Esta pasta pode ter diversas características, dependendo das quantidades dos seus constituintes. Existem diversos tipos de argamassas, aplicadas no assentamento e revestimento de alvenarias, que garantem a protecção das paredes e por serem um material plástico influenciam a expressão estética dos edifícios (Branco, 1982, p. 55).

Na construção usam-se sobretudo quatro tipos de argamassas: ordinária, bastarda, hidráulica e refractária. Na primeira o ligante é a cal; na segunda surgem dois ligantes, a cal e cimento ou cal e barro ou cal e gesso; a argamassa hidráulica inclui um ligante hidráulico, a cal hidráulica, cimento hidráulico ou a mistura de cal e pozolana; a argamassa refractária tem apenas uma mistura de barro refractário e água (Branco, 1982, pp. 58-59-60).

O comportamento das argamassas também é influenciado pelas características do mineral dominante dos inertes ou agregados. Podemos ter agregados cujo mineral dominante é a areia siliciosa, a areia calcária ou argilosa consoante a proveniência (rio, mina, mar, saibro, artificial, pó de pedra...) (Aguiar, 2005, p. 217).

A resistência mecânica e a coesão dos rebocos são mais eficazes quando os agregados apresentam partículas com superfícies e arestas bem definidas como por exemplo as areias de mina. No entanto, estas areias podem também apresentar consideráveis percentagens de argila o que limita o processo de secagem da argamassa podendo causar retracção. Por isso, a quantidade de argila nas areias deve ser equilibrada e eventualmente combinada com outras areias visando a melhoria do seu desempenho, (Aguiar, 2005, pp. 217-218).

As areias resultantes da trituração artificial, apesar de apresentarem também superfícies e arestas bem definidas, contêm normalmente muito pó e por isso devem ser lavadas antes do seu emprego. As areias de rio apresentam grão arredondado, mas não contêm argila (Aguiar, 2005, p. 218).

A denominação “traço” designa as percentagens volúmicas de inertes e ligantes que constituem uma argamassa, de acordo com o tipo e aplicabilidade das argamassas (Teixeira, 2004, p. 66).

As argamassas à base de cal apresentam a vantagem de se adaptarem a todas as alvenarias e de permanecerem sólidas durante largas centenas de anos. Também quando se utilizam como reboco oferecem boa aderência, elevada capacidade de impermeabilização, permeabilidade ao vapor de água, resistência mecânica, elasticidade e durabilidade (Belém e Teixeira, 1998, pp. 34-38).

De acordo com os factores da qualidade e da proveniência da cal, o valor médio da densidade é de $0,85 \text{ kg} / \text{m}^3$ do material em pedra, ao passo que em pó é de $0,5 \text{ kg} / \text{m}^3$ (Segurado, p. 146).

Actualmente, estes métodos tradicionais de construção tendem a desaparecer, nomeadamente devido à falta de mão-de-obra especializada e à inexistência de uma boa escolha de materiais (areias e ligantes). A exigência do cumprimento de prazos na construção, não se quaduna com a execução dos revestimentos tradicionais em diversas camadas, com fases de secagem mais elevadas, sobretudo se a quantidade de cal utilizada for superior à do cimento.

Os novos materiais de suporte apresentam características de resistência mecânica e estabilidade dimensional, que reduzem a capacidade de adaptação aos revestimentos de rebocos tradicionais.

A adaptabilidade aos novos ritmos de construção, (em que a exigência de rapidez de execução é cada vez maior) conduziu à criação de novos produtos, fundamentalmente os adjuvantes e as resinas, no sentido de garantir o cumprimento dos prazos, tornar os custos mais apelativos, assim como os factores da qualidade e durabilidade.

No entanto, segundo Belém e Teixeira (1998, p. 32), a argamassa executada com a cal hidratada com óleo sobrepõe-se em relação às argamassas bastardas e independentemente da escolha do traço, a obtenção de uma argamassa de cal para consolidação e para rebocos exteriores ou interiores é garantida.

Contudo, o tempo de cura é maior em relação a argamassas de cimento, mas em contrapartida apresenta uma maior durabilidade, uma vez que estas combinam as características da cal, como por exemplo elevada plasticidade, reduzida porosidade e respiração da alvenaria, assim como outras do cimento, entre as quais resistência superior e menor tempo de presa (Belém e Teixeira, 1998, p. 32).

As características gerais, das argamassas com cal hidratada com óleo são as seguintes: os materiais utilizados são a cal aérea viva e aditivo; a presa é aérea e hidráulica, com uma durabilidade de oito dias a um mês; a aderência aos materiais é boa, assim como a estanquidade e a plasticidade. O composto é hidrófugo possibilita a respiração, possui inércia térmica e é bactericida; o coeficiente de capilaridade é reduzido; a fissuração é

inexistente; a durabilidade é elevada; e o ferro apresenta-se como material incompatível (Belém e Teixeira, 1998, p. 105).

Nos edifícios antigos da cidade do Porto, as argamassas utilizadas em assentamentos, enchimentos e regularização tinham como ligantes a cal hidráulica e aérea e os inertes eram o saibro ou a areia. Nos acabamentos, as argamassas aplicadas continham pasta de cal. Por vezes eram aditivadas substâncias orgânicas (gorduras animais ou vegetais) que lhe conferiam propriedades hidrófugas, melhoravam a adesão e a consolidação, aumentavam a resistência mecânica e a trabalhabilidade (Teixeira, 2004, p. 67).

As argamassas para a execução de diversos tipos de fígimentos (stucco-lustro, stucco-marmo e scagliola) eram basicamente constituídas por pasta de cal, à qual era possível adicionar pó de pedra ou outros pigmentos aditivados com clara de ovo, cola de peixe ou sabão, podendo ser estas argamassas pintadas a fresco, brunidas a ferro quente ou polidas (Aguar, 2005, pp. 258-260-263).

III – Soluções de reforço em edifícios de alvenaria

III.1. O que é uma alvenaria

A alvenaria é um dos principais elementos estruturais presente no sistema construtivo de edifícios, igrejas, torres, arcos, muros, fortes, muralhas, aquedutos, pontes.

Nas alvenarias antigas, os elementos mais utilizados eram basicamente a pedra ou o tijolo cerâmico, aglutinados com ligantes de baixa qualidade, como a terra, a argila, substâncias orgânicas ou argamassas. A diversidade de formas e dimensões dos materiais aplicados nas alvenarias tornaram estes elementos heterogêneos, o que originou vazios ou cavidades internas, em maior ou menor quantidade, mediante as situações (fig. 111) (Roque, 2002, pp. 3-4).

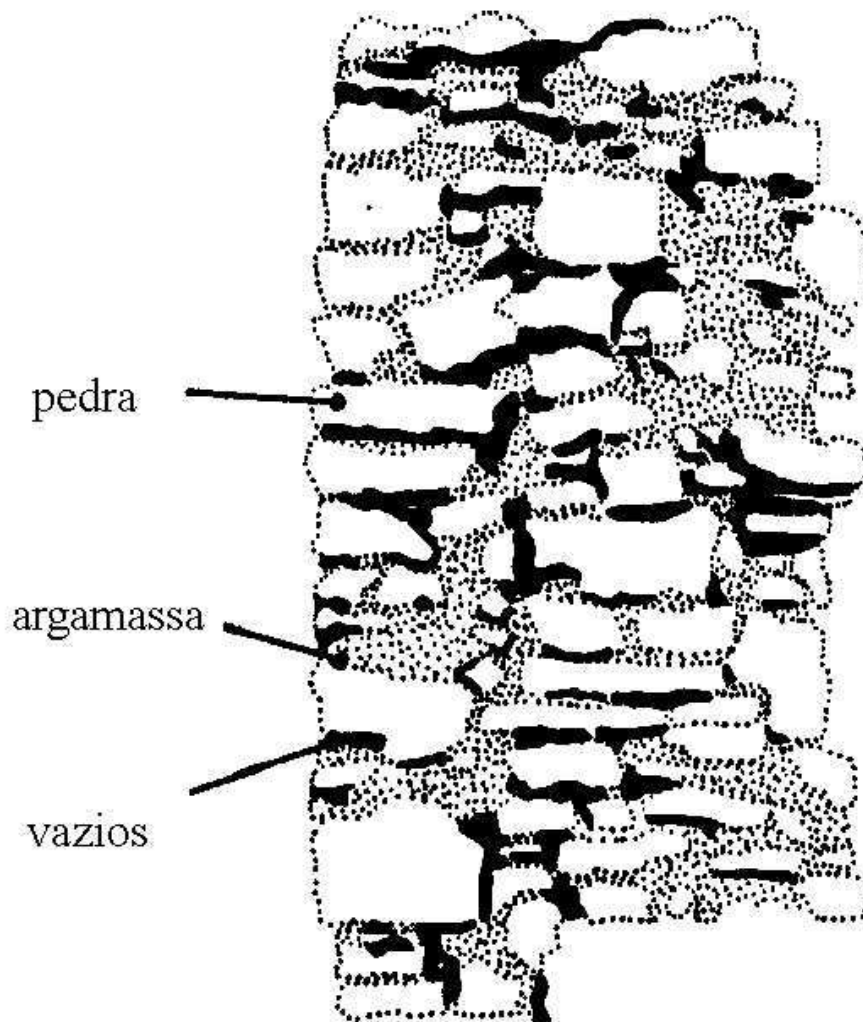


Fig. 111 – Visualização de uma estrutura em alvenaria de pedra e materiais constituintes (pedra, argamassa e vazios) (Binda et al *cit. in* Roque 2002, p. 4).

Segundo Roque (2002, p. 5), estes elementos estruturais apresentam “ (...) boa resistência à compressão, fraca resistência à tracção e, sob a acção exclusiva da gravidade baixo risco de deslizamento. A fraca resistência à tracção caracterizou a arquitectura dos edificios até ao início do século XX. A resistência à compressão está relacionada com o grau de confinamento lateral dos panos, pela presença de material incoerente no núcleo e também pela quantidade e tamanho de vazios (Casella, 2003, p. 272).

Independentemente dos problemas inerentes às alvenarias antigas e apesar destas estruturas terem-se mantido e resistido ao longo dos tempos, o facto é que constituem um importante legado cultural e histórico deixado pelos nossos antepassados. Torna-se no entanto, urgente reabilitar estes elementos porque representam uma parte significativa do parque habitacional português, que em parte se encontra desabitado, degradado e obsoleto.

III.2. Tipos de alvenaria de pedra

O estudo dos diversos tipos de alvenaria permite analisar de forma detalhada as diferenças tipológicas. Do ponto de vista de Roque (2002, p. 9) é aceitável que as características dos diferentes conjuntos de alvenaria tenham repercussão no seu comportamento estrutural.

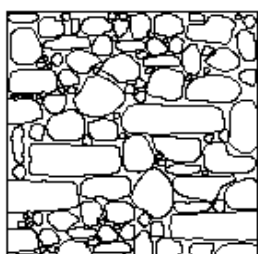
De acordo com o objecto da dissertação vão ser analisados os alçados e as secções transversais de paredes em alvenaria de pedra de edificios antigos da cidade do Porto. A análise do alçado vai incidir no tipo de aparelho e de assentamento, enquanto a análise da secção transversal vai ser realizada de acordo com o número de paramentos.

Segundo Binda (*cit. in* Roque 2002, pp. 10-11), na classificação das paredes mestras existem quatro aspectos a ter em conta, nomeadamente: as características da argamassa (concretamente a nível da consistência, desempenho e espessura das juntas); o tipo de assentamento (regularidade das superfícies e existência de calços ou cunhas); as pedras utilizadas (a sua proveniência, o tamanho, a côr e a sua conservação) e o tipo de secção transversal, (presença e a distribuição de panos, a espessura dos mesmos, a existência de perpianhos, cunhas ou calços de assentamento que estabelecem a ligação entre panos, o volume e os espaços vazios, que no seu conjunto formam um todo).

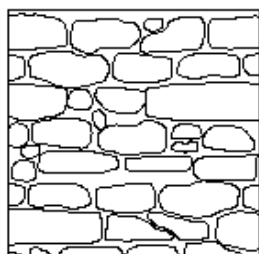
A interligação destes quatro itens permite obter parâmetros relativos à caracterização mecânica direccionados à resistência e ao comportamento das paredes de alvenaria (Roque, 2002, p. 11).

Segundo Roque (2002, p. 11), a técnica de construção das alvenarias de pedra é determinada em parte pela forma das pedras utilizadas. Segundo Pinho (2008, p. 9) e relativamente ao tipo de aparelho existem factores, tais como a natureza, dimensão, grau de aparelho e material ligante dos elementos constituintes que atribuem designações aos alçados, nomeadamente:

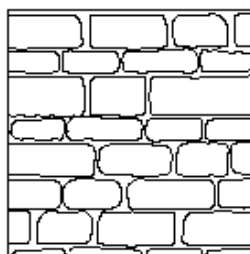
- A alvenaria ordinária (corrente) é constituída por pedras que apresentam formas e dimensões irregulares e o ligante utilizado é a argamassa ordinária (fig. 112).
- A alvenaria de pedra aparelhada é formada por pedras irregulares aparelhadas numa das faces e ligadas com argamassa ordinária (fig. 112).
- As paredes de cantaria são formadas por pedras com este nome, com as faces aparelhadas, unidas com argamassa, quer sobrepostas, quer justapostas (fig. 112).
- A alvenaria de pedra seca é composta por pedras justapostas, sem argamassa, somente travadas entre si.
- As paredes mistas, tal como o nome indica apresentam em simultâneo componentes distintos seja alvenaria e cantaria, alvenaria e tijolo, alvenaria com armação de madeira, etc.



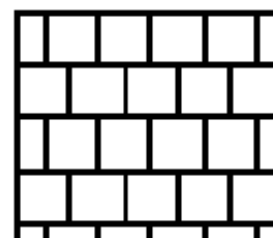
Alvenaria ordinária



Alvenaria de pedra aparelhada irregular (Juntas desalinhadas)



Alvenaria de pedra aparelhada regular (Juntas alinhadas)



Cantaria

Fig. 112 – Atribuição das designações dos alçados, quanto ao tipo de aparelho (GNDT *cit. in* Roque 2002, p. 12).

Segundo Roque (2002, p. 11), o comportamento estrutural da alvenaria de pedra nomeadamente a susceptibilidade a fenómenos instabilizadores resulta das superfícies de assentamento. A análise do alçado, permite, ainda, classificar as alvenarias quanto ao assentamento da forma indicada na figura 113.

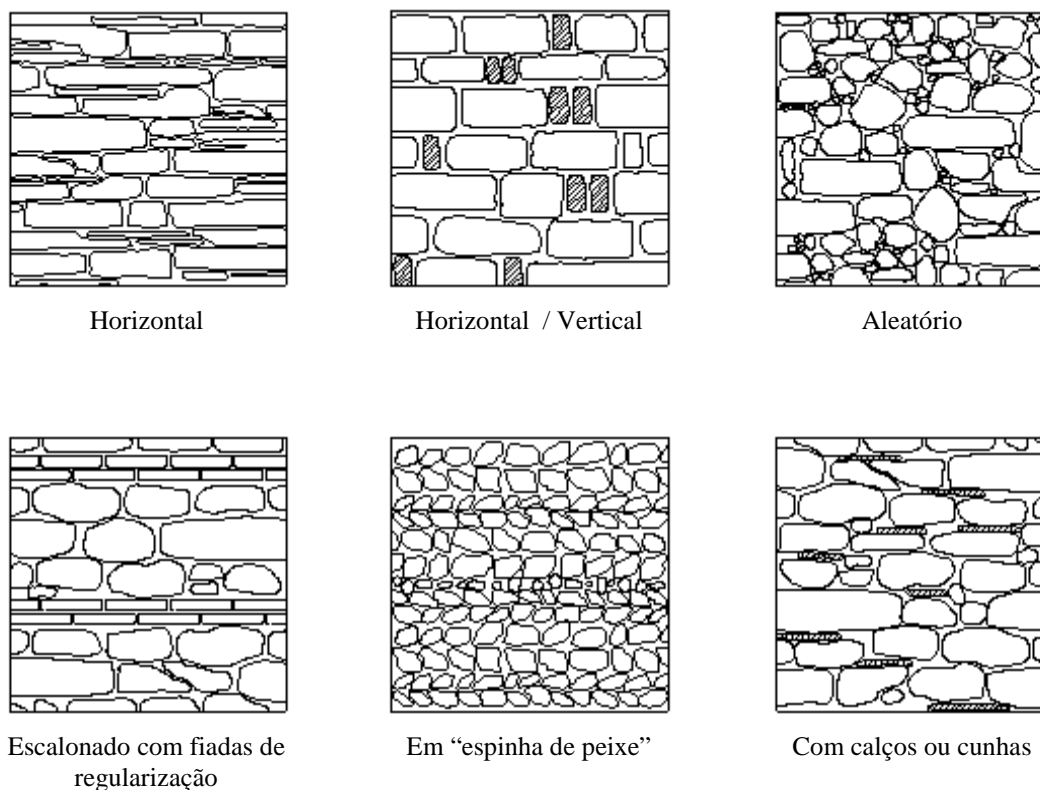


Fig. 113 – Análise do alçado, relativamente ao tipo de assentamento (GNDT *cit. in* Roque 2002, p. 12).

Com base em levantamentos realizados em edifícios danificados pela acção sísmica em Itália foi feita a classificação das alvenarias de acordo com o tipo de secção transversal. Foram estabelecidas três tipologias com subcategorias incluídas (fig. 114) (Binda & Penazzi *cit. in* Roque 2002, p. 13).

A primeira tipologia diz respeito a paredes com uma única pedra transversal que poderá ter rebocos espessos ou apresentar uma grande espessura (eventualmente com mais do que uma pedra transversal). Na segunda tipologia surgem dois subtipos, nomeadamente pano sem ligação ou pano com ligação. No primeiro subtipo os paramentos são completamente autónomos separados por uma junta, a qual pode estar preenchida ou não com argamassa e cascalho. No segundo subtipo existem dois tipos de ligação dos

panos: por sobreposição das pedras ou pela colocação transversal de pedras ao longo de toda a secção. Na terceira tipologia, as paredes são formadas por três panos, sendo os extremos formados por pedra e a parte do meio preenchida com material de fraca qualidade. Segundo Roque (2002, pp. 13-14), o núcleo pode ser de pequena ou grande espessura, preenchido por porções de blocos e pedras com juntas de argamassa intercaladas, ou por material com grau de homogeneidade médio, solto ou quase ligado, com grande número de vazios entre a argamassa e as pedras dispostas de forma aleatória.

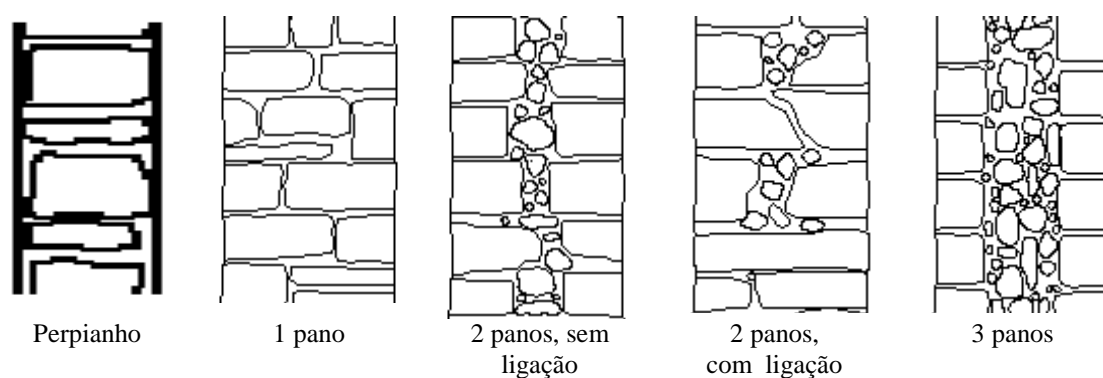


Fig. 114 – Designação das tipologias, quanto a análise da secção transversal (GNDT cit. in Roque 2002, p. 14).

Em pleno centro histórico da cidade do Porto foram observadas paredes de pedras à vista pertencentes a edifícios antigos, nomeadamente nas zonas da Sé, Ribeira, Barredo e Miragaia. A visualização dos conjuntos edificados permitiu efectuar a classificação das paredes pela análise do alçado. As figuras 115, 116, 117, 118 e 119 ilustram o aparelho visualizado em edifícios da cidade do Porto:

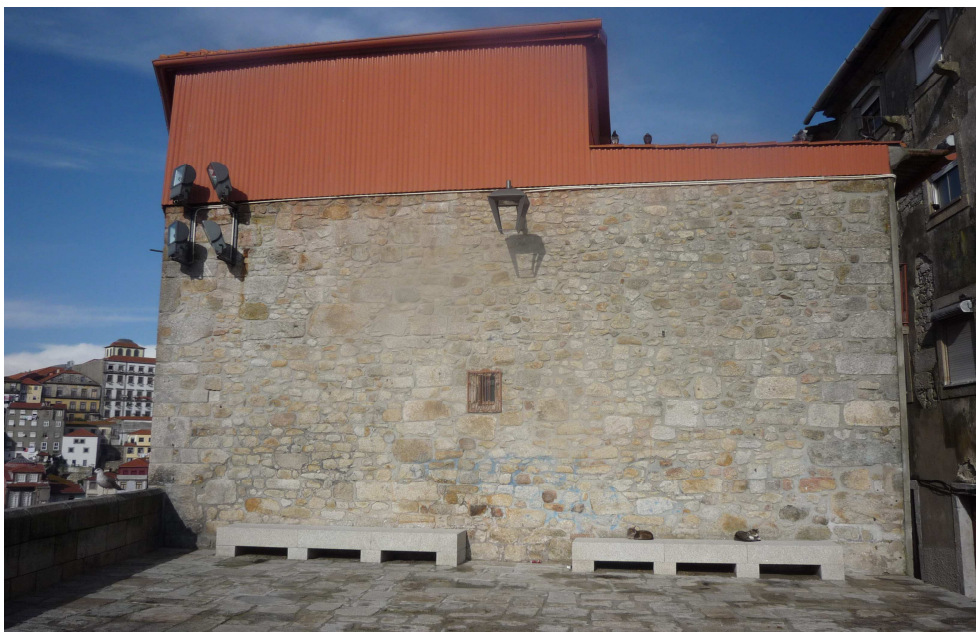


Fig. 115 – Alçado em alvenaria ordinária - zona da Sé.



Fig. 116 – Alçado basicamente composto em alvenaria de pedra aparelhada (juntas alinhadas) - zona do Barredo.



Fig. 117 – Alçado em alvenaria de pedra aparelhada (juntas desalinhas) - Rua do Infante D. Henrique.



Fig. 118 – Alçado em cantaria - zona da Ribeira.

As ilustrações que se seguem, relativamente ao tipo de assentamento são as seguintes:



Fig. 119 – Visualização do uso de calços ou cunhas na parte superior e disposição aleatória na parte inferior do alçado - zona do Barredo.

A análise da secção transversal torna-se mais complexa, uma vez que durante a realização do levantamento fotográfico não foi possível encontrar casos possíveis de estudo. Contudo, mais especificamente no centro histórico do Porto são frequentes as paredes em perpianho.

Refere-se o trabalho desenvolvido por Mota (Casella *cit. in* Mota 2009, p. 17) onde foram analisados edifícios antigos, a maioria no centro histórico da cidade do Porto. Neste estudo foi adoptada uma sequência de procedimentos com vista ao levantamento geométrico de paredes, que passou por: recolha de dados sobre o aparelho existente, técnicas de construção e materiais usados, levantamento geométrico das pedras e a realização de ensaios *in situ* (ensaios com macacos planos simples e duplos e ensaios sónicos).

Através dos procedimentos acima descritos foi realizada uma ficha tipo (Almeida, 2013 *cit. in* Mota 2009, p. 17), onde foram expostos os resultados e nos quais estão incluídos

a análise da secção transversal. A autora (Mota, 2009, pp. 49-101) constatou que quanto maior é a altura da pedra, menor é a percentagem de argamassa e vazios e quanto maior a espessura, menor é a percentagem de pedra e maior é a percentagem de argamassa e vazios.

Nas figs. 120 e 121 podem ser visualizadas duas secções transversais em perpianho estudadas pela autora, com as seguintes características: a primeira apresenta uma espessura de 50 cm, a altura das pedras é situada entre 15 a 28 cm, a percentagem da pedra é de 87 %, a percentagem de argamassa e pedra miúda é de 12% e a percentagem de vazios é de 1%. A segunda possui uma espessura de 30 cm, a altura das pedras situa-se entre 17 a 49 cm, a percentagem de pedra é de 96%, a percentagem de argamassa, pedra miúda e de vazios é de 2%.

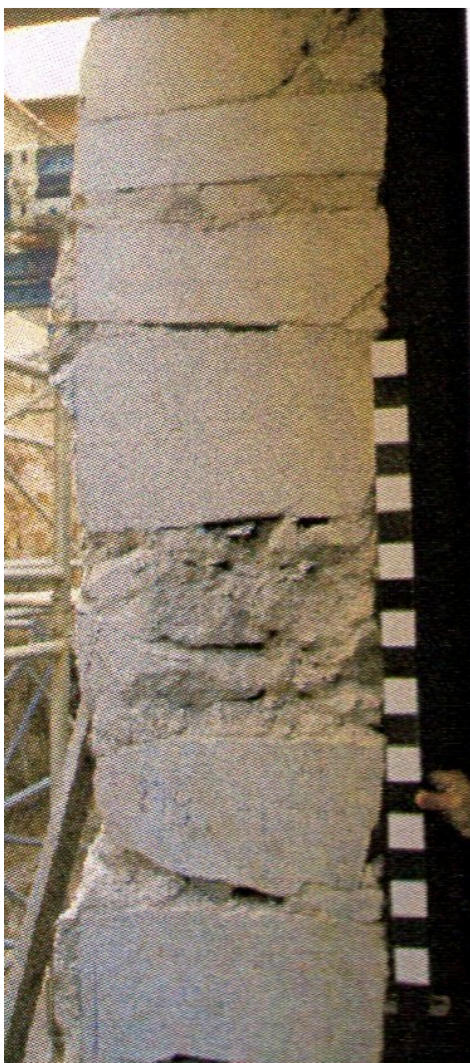


Fig. 120 – Visualização da secção transversal em perpianho, de uma parede (Mota, 2009, p. 42).



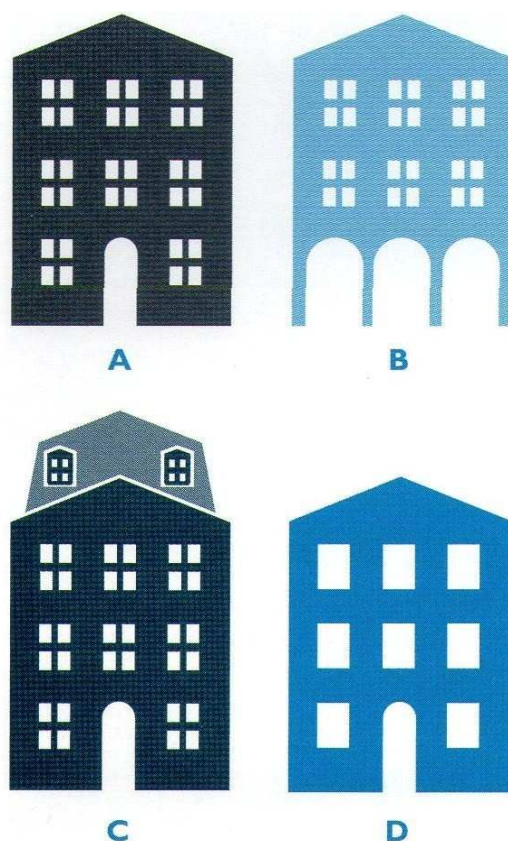
Fig. 121 – Visualização da secção transversal em perpianho, de uma parede (Mota, 2009, p. 47).

III.3. Reforços estruturais (parede toda, incluindo a fundação)

III.3.i. Soluções de reforço aplicadas às fundações

As fundações e as paredes de edifícios antigos da cidade do Porto são formados por alvenaria de pedra, razão pela qual as soluções de reforço estrutural apresentem determinadas especificidades.

Relativamente às fundações, as razões que levam ao reforço ou reparação deve-se a fenómenos, tais como: envelhecimento dos materiais; alteração de esforços na superestrutura; descompressão do terreno (alterações do nível freático e a trabalhos que envolvam escavações ou vibrações) e o aumento das cargas transmitidas ao solo (derivado da alteração da volumetria ou do uso), figs. 122, 123 e 124 (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 598).



- A** - Edifício original
- B** - Corte de paredes no piso térreo
- C** - Aumento da altura do edifício
- D** - Alteração do uso (por ex.: habitação convertida em escritórios)

Fig. 122 – Visualização de casos que possam obrigar ao reforço de fundações (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 598).



Fig. 123 – Situação de aumento de pé-direito de sótão em alvenaria de tijolo sobre estrutura em gaiola (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 598).



Fig. 124 – Situação de aumento de número de pisos (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 599).

Naturalmente que as operações realizadas nas fundações são complexas, uma vez o acesso a este elemento estrutural constitui um dos principais obstáculos. Apesar dos autores Aguiar, Paiva e Pinho (2006, p. 598) referirem a importância das fases de análise e diagnóstico, muitas vezes o técnico é confrontado com a ausência de informação e a sua obtenção é encarecida.

Segundo Aguiar, Paiva e Pinho (2006, p. 598) existem três formas diferentes de intervenção nas fundações, nomeadamente: o melhoramento do solo de fundação, a reparação das partes degradadas, com a colocação de novos elementos e permanência das secções iniciais e o reforço que normalmente inclui a consolidação e a possibilidade de aumentar a secção. Estas técnicas de reforço vão ser descritas no âmbito deste trabalho. Torna-se importante ter em consideração os materiais que constituem as fundações (alvenaria de pedra e betão armado), uma vez que a proveniência das anomalias e as formas de degradação diferem significativamente (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 598).

Os parâmetros a ter em consideração para a intervenção incluem a avaliação das cargas aplicadas, a verificação da zona de contacto dos elementos de fundação com o solo, a determinação da profundidade e estado de conservação das fundações, a natureza e a capacidade resistente do solo, o nível freático e as mudanças de cota, (a descida acentuada poderá originar a secagem e retracção de solos argilosos) (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, pp. 598-599).

Aguiar, Paiva e Pinho (2006, p. 599) alertam para o facto dos trabalhos de escavação e a alteração do nível freático poderem dar origem a problemas nas fundações de edifícios vizinhos. As fundações dos edifícios situados nas imediações podem ser sujeitas, por algum tempo, a recalçamentos. O tipo e o dimensionamento desta solução são influenciados pelas características mecânicas do solo, cota das fundações e distância das mesmas relativamente ao local da escavação. O ensaio triaxial permite avaliar a resistência ao corte e também o estado de tensão do solo (http://pt.wikipedia.org/wiki/Ensaio_triaxial), (fig. 125).

Os recalçamentos podem ser efectuados através de elementos estruturais que encaminham as cargas verticais para níveis inferiores, ou então por elementos de contenção da escavação que retêm os esforços horizontais (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 599).

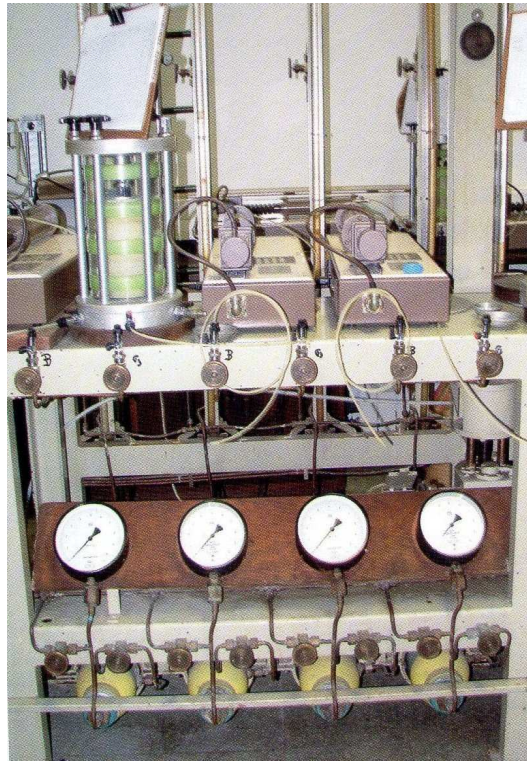


Fig. 125 – Visualização de ensaio triaxial para determinação da resistência do solo (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 599).

A retirada de água da escavação pode ser realizada através de drenagem de gravidade, bombagens com well-points e poços de bombagem, fig. 126.



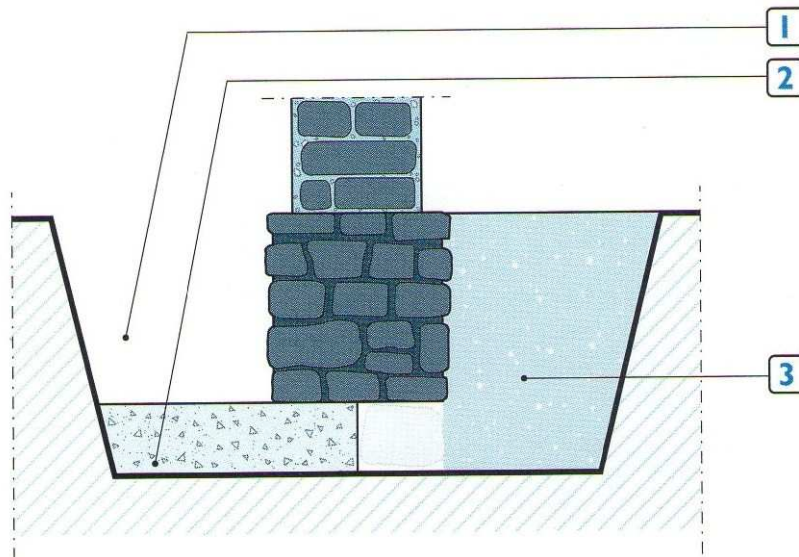
Fig. 126 – Visualização da retirada de água da escavação, através de well-point ou agulha filtrante (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 600).

Os autores Aguiar, Paiva e Pinho (2006, p. 599) referem alguns aspectos a serem considerados na escolha do método, nomeadamente: as características do solo, a natureza das águas do terreno (freáticas ou de infiltração), o fundo da escavação inferior ao nível aquífero e nas escavações a ocorrência de assentamentos. A água evacuada não deverá danificar os edifícios situados nas proximidades.

Segundo Aguiar, Paiva e Pinho (2006, p. 600), quando as fundações são constituídas por alvenaria e atendendo ao estado de conservação dos elementos, o aumento da secção pode ser realizado mediante o recalçamento. Na ausência desta operação, o alargamento através do “(...) confinamento da secção das fundações (...)”, fig. 127. O recalçamento consiste na execução de elementos de betão armado, de modo a transmitirem as cargas ao solo (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 600), fig. 128. Dada a complexidade desta operação, Appleton (2003, p. 167) refere que a intervenção deverá ser executada por troços, uma vez que os edifícios antigos constituem um enorme peso para as fundações. Appleton (2003, p. 168) afirma, ainda, a importância do escoramento para garantir a estabilidade da fundação.



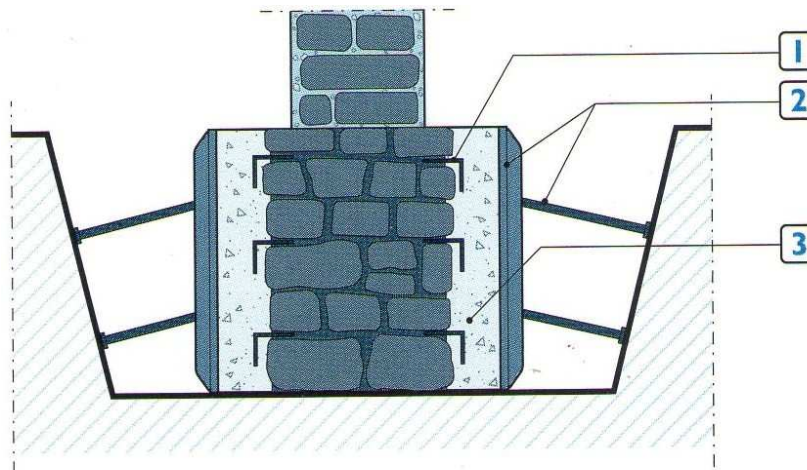
Fig. 127 – Visualização de armadura de lintel de betão para confinamento de fundação de parede de alvenaria (Alvenobra *cit. in* Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 600).



- 1 - Vala escavada 1.^a fase
- 2 - Betão de recalçamento
- 3 - Vala a escavar 2.^a fase

Fig. 128 – Operação de recalçamento de fundação de alvenaria (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 601).

A operação de confinamento enquadra a possibilidade de aumentar a sapata com betão armado moldado no local (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 601), fig. 129. As peças pregadas lateralmente na sapata contribuem para a melhoria da ligação entre o betão e a alvenaria (Appleton, 2003, p. 601).



- 1 - "Grampo" de ligação
- 2 - Cofragem
- 3 - Betão

Fig. 129 – Operação de confinamento e prolongamento de fundação de alvenaria (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 601).

A solução de reforço através de estacas enquadra-se nas situações de fundações profundas, constituídas por estacas de madeira degradadas por fungos, ou por estacas de betão com as armaduras corruídas e com a secção transversal diminuída (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 601).

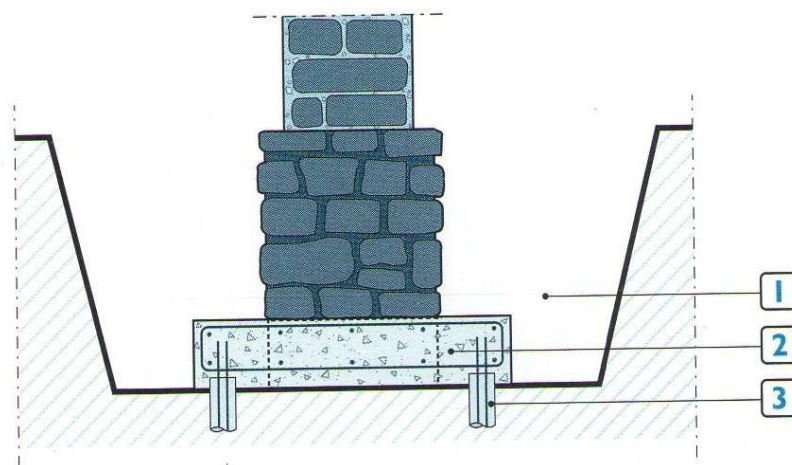
As estacas podem ser executadas através de cravação de estacas de madeira, aço ou betão, prefabricadas ou realizadas no local. Aguiar, Paiva e Pinho (2006, p. 601) alertam que a cravação induz a ocorrência de movimentos no solo e na estrutura, com a probabilidade de aumentar os danos. A transmissão de cargas entre as fundações existentes e as novas estacas é efectuada através de vigas de encabeçamento, com a possibilidade de servirem de recalçamento (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 602).

Quando as estacas são executadas no local recorre-se, com maior frequência, à elaboração de microestacas com recalçamento das fundações (fig. 130), ou de forma directa, com o seguimento de alguns procedimentos, nomeadamente abertura e limpeza do furo nas fundações que poderá ser precedida de uma consolidação dos materiais desagregados; montagem de armaduras; colocação de um promotor aderente, de forma a ligar os diversos materiais e a betonagem por injeccção de modo a contribuir para a consolidação do solo (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 602).



Fig. 130 – Visualização de reforço de fundação de parede de alvenaria com micro-estacas e lintel de fundação ancorado (Bel, S.A. cit. in Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 602).

O betão utilizado na betonagem deverá incluir um adjuvante que não contribua para a ocorrência da retracção, para que os esforços transmitidos entre as sapatas e as novas estacas seja adequada. Na operação de microestacas com recalçamento, os elementos são realizados nas partes laterais às fundações, com recalçamento através de vigas metálicas ou de betão armado, para que os esforços se transmitam adequadamente (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 602 e Appleton, 2003, p. 170), fig. 131.



- 1 - Vala escavada
- 2 - Viga de encabeçamento e recalçamento
- 3 - Estaca

Fig. 131 – Operação de elaboração de microestacas e recalçamento de fundação (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 603).

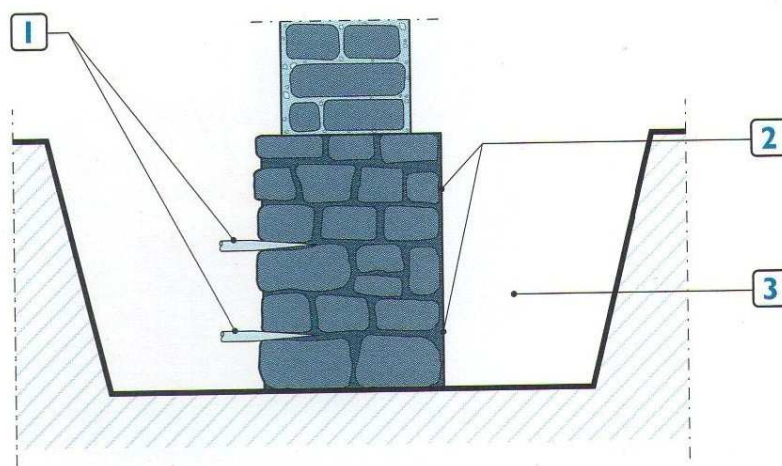
Segundo Aguiar, Paiva e Pinho (2006, p. 603), um dos procedimentos mais importantes ao nível de obras de reabilitação consiste nas injecções. Enquanto que as injecções de consolidação têm como objectivo aumentar a resistência do solo, as injecções de impermeabilização permitem diminuir a permeabilidade do solo à água. Uma vez que os autores acima referidos afirmam que a primeira solução é mais importante ao nível do reforço estrutural, esta realiza-se com calda de cimento (“jet grouting”) e preenche os vazios do solo, o que contribui para o aumento da compacidade, rigidez, estabilidade e capacidade de carga em relação ao solo original, fig. 132. Esta operação pode ser realizada mediante a injecção de calda de cimento, ou calda de cimento e ar, (o ar contribui para homogeneizar a mistura calda/solo em solos mais coesivos) ou de calda de cimento, ar e água (o ar e água melhoram a penetração em solos coesivos e devem ser injectados a baixa velocidade para aumentar a inclusão da calda). O autor refere

ainda a importância das fases de diagnóstico e caracterização do solo, uma vez que a operação de jet grouting pode levar a modificações dos níveis freáticos ou a eliminação de aquíferos, razões que podem originar anomalias posteriores nas fundações do edifício ou em edifícios vizinhos.



Fig. 132 – Visualização de solo reforçado com jet grouting (Aguilar, Paiva e Pinho, 2006, p. 603).

As injeções de consolidação em fundações de alvenaria são realizadas quando os elementos se encontram desagregados e pouco coesos devido à degradação e à pouca qualidade dos materiais (contacto com águas subterrâneas e à insuficiência das técnicas usadas). A injeção pode ser realizada por gravidade ou a pressão reduzida, de modo a não contribuir para fenómenos de desagregação nos elementos constituintes das fundações (Aguilar, Paiva e Pinho, 2006, p. 604 e Appleton, 2003, pp. 165-166), fig. 133.



- 1 - Tubos para injeção
- 2 - Selagem das juntas
- 3 - Vala escavada

Fig. 133 – Operação de injeção em fundação de alvenaria (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 604).

III.3.ii. Soluções de reforço aplicadas às alvenarias

As soluções de reforço em alvenarias mais habituais são: o aumento da secção transversal; a aplicação de elementos metálicos em paredes de alvenaria; a injeção em paredes e a consolidação de componentes estruturais de pedra (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, pp. 605-606-609).

Nas situações em que as paredes se encontrem deterioradas pela acção da água, deverá-se proceder à eliminação da sua penetração e reparar os danos provocados, mediante a possibilidade do uso de técnicas tradicionais para devolver o aspecto inicial (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, pp. 604-605), fig. 134.



Fig. 134 – Intervenção de reparação para substituir o revestimento em fachada de alvenaria (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 605).

Quando se procede ao aumento da dimensão das secções devem ser avaliadas as propriedades dos materiais constituintes, nomeadamente a resistência mecânica, a absorção de água e a porosidade. No entanto existem outros factores, a ter em consideração, nomeadamente: a verificação do estado de conservação dos materiais originais, uma vez que nas zonas a intervir deverá ser realizado o escoramento e o apoio. As partes mais degradadas deverão ser substituídas por elementos com características mais próximas dos existentes (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 605).

A colocação de elementos metálicos recorrendo a pilares de aço ligados por vigas de travamento tem como objectivo suportar as cargas verticais, fig. 135. Estas vigas

umentam a capacidade resistente às acções horizontais, principalmente nas ligações transversais efectuadas nas paredes ortogonais (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 605).



Fig. 135 – Perfis metálicos colocados para aumento da capacidade resistente de paredes de alvenaria e ligação entre paredes ortogonais (Alvenobra *cit. in* Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 606).

Os sistemas de contraventamento aplicados em paredes de alvenaria sob a forma de perfis de aço em forma de cruz de Santo André ligados por pilares metálicos ou a vigas de travamento, aumentam não só a resistência como a ductilidade (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, pp. 605-606). Córias (2007, p. 173) refere outro sistema de contraventamento recorrendo à aplicação de faixas de material compósito de reforço superficial nos elementos estruturais em alvenaria de pedra, fig. 136. Segundo Córias (2007, p. 173), a aplicação desta técnica pode estar relacionada com a utilização de confinadores e a sua união à alvenaria processa-se através da injeção de uma argamassa ou calda à base de cal.

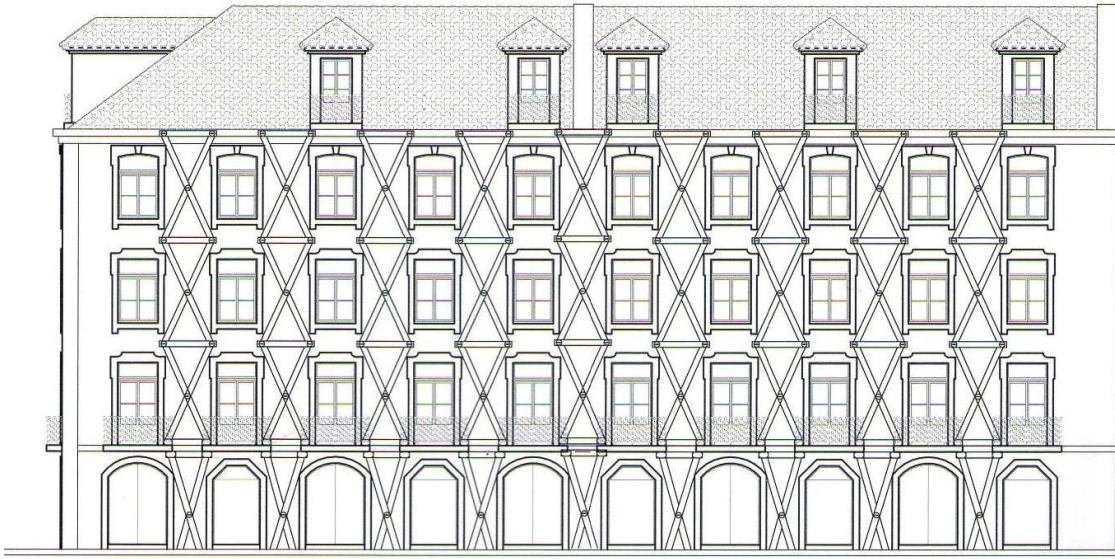


Fig. 136 – Visualização da aplicação das faixas de material compósito nos nembos (Cóias, 2007, p. 173).

A aplicação de redes metálicas com projecção de betão constitui outra solução de reforço de paredes em alvenaria de pedra (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 606), figs. 137 e 138. Segundo estes autores os sistemas de contraventamento dos paramentos de alvenaria constituem uma melhor solução em relação às redes metálicas em termos de melhoria da resistência.



Fig. 137 – Colocação de redes metálicas e projecção de betão para consolidação e aumento da capacidade resistente da parede de alvenaria (Alvenobra *cit. in* Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 606).



Fig. 138 - Colocação de redes metálicas e projecção de betão para consolidação e aumento da capacidade resistente da parede de alvenaria (Alvenobra cit. in Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 606).

Por outro lado a inclusão de perfis metálicos permite também aumentar a capacidade resistente nos locais de abertura de vãos das paredes resistentes, assim como na transmissão de esforços para a restante estrutura (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 606), fig. 139.



Fig. 139 – Visualização de perfis metálicos para aumento da capacidade resistente da parede em local de abertura do vão (A. Ludgero Castro cit. in Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 607).

Aguiar, Paiva e Pinho (2006, p. 643) referem que nos casos de fendilhação extensa em paredes de alvenaria, geralmente em panos interiores, as medidas a serem tomadas devem ter em consideração o tipo de fendilhação, a sua importância e o grau de estabilização. Em situações de fendilhação estabilizada, a operação de reparação deverá procurar eliminar os danos existentes mediante a retirada dos elementos afectados e a reconstrução segundo o método construtivo original e a colocação de materiais metálicos, tais como gatos ou redes metálicas, de modo a reduzir a fenda. As peças metálicas a aplicar devem ser em aço inoxidável de modo a evitar a corrosão, uma vez que a ocorrência deste fenómeno, consiste num dos factores responsáveis pela degradação das paredes de alvenaria (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 606 e Appleton, 2003, pp. 175-176-177).

Segundo Appleton (2003, p. 175), a aplicação da técnica de injeção em paredes deve ser realizada em alvenarias cuja argamassa seja de fraca qualidade. Aguiar, Paiva e Pinho (2006, pp. 606-607) afirmam que numa alvenaria com as características acima descritas, a realização da injeção é antecedida à consolidação dos paramentos e à caracterização da alvenaria (fig. 140) e a sua execução obedece a três critérios, nomeadamente a escolha da técnica e dos produtos a aplicar; o arranjo dos paramentos e a forma de aplicação da injeção.

Na escolha da técnica e dos produtos a aplicar é necessário atender aos materiais constituintes, à espessura e o estado de degradação das alvenarias, bem como à possibilidade de aumento da capacidade resistente. Mediante a análise dos factores mencionados, procede-se à escolha do tipo de injeção mais adequada (constituição do produto e a pressão de injeção). A injeção de uma parede pode envolver duas fases. A primeira para o preenchimento dos vazios de maiores dimensões, e a segunda o produto deve apresentar capacidade de penetração elevada de modo a que todos os elementos adiram (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 607).



Fig. 140 – Visualização de aplicação de injeções de consolidação em parede de alvenaria de pedra (Bel, S. A. *cit. in* Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 607).

Na injeção das alvenarias podem ser usados três tipos de caldas (cimento estabilizada por betonite ou cal, cimentos especiais e silicato de potássio ou de sódio) e as resinas epóxicas (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 607).

Os constituintes das injeções (caldas e resinas) devem apresentar boa aplicabilidade, de forma a permitir a penetração; estabilidade por largo período de tempo e baixa retracção, ou expansão ligeira (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 607). Estes autores alertam para a escolha ponderada dos produtos a aplicar, uma vez que apresentam um custo bastante elevado e podem originar deficiências no desempenho da alvenaria.

A pressão de injeção depende de dois factores: a profundidade a alcançar e o estado de degradação das alvenarias. Pressões muito elevadas podem levar à desagregação das paredes de pouca coesão (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 608).

Na preparação dos paramentos tapam-se as fendas (fig. 141) e as juntas localizadas na superfície de modo a não desperdiçar o produto da injeção. Os revestimentos que apresentem fraca ligação à parede retiram-se, para que não sejam expelidos pelo efeito da pressão da injeção. As paredes devem conter orifícios para aplicação da injeção e tubos de purga para expulsar o ar localizado nos vazios e para controlar o produto aplicado (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 608).



Fig. 141 – Visualização da correcção de fendas antecedente à injeção (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 609).

A aplicação da injeção compreende duas formas distintas. A primeira, mais usual, o produto é injectado em orifícios dispostos nos paramentos (com uma distância entre si correspondente à espessura da parede), aplicado de baixo para cima e o seu controlo realiza-se mediante o aparecimento da calda de injeção, nesses mesmos orifícios injectados. No segundo modo, o produto da injeção é colocado em orifícios distribuídos na base da parede e quando este aparece nos tubos de purga colocados superiormente nos paramentos, significa que a operação está concretizada (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 608).

Nas injeções aplicadas nas imediações das fundações, não deverá haver perda do produto para o terreno e para grandes cavidades. Para evitar situações deste tipo deve ser realizado o controlo rigoroso da aplicação do material, nomeadamente através do tempo de execução, uma vez que uma injeção demorada traduz-se na fuga do produto (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 608).

As operações de consolidação ou substituição realizam-se quando a pedra com funções estruturais se encontra degradada. Porém na presença de fendas, a cal é o produto mais aconselhado para o fecho das aberturas, em vez das argamassas de cimento. Contudo, em situações específicas poder-se-á utilizar produtos químicos, tais como resinas epoxidas ou acrílicas, (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 609), fig. 142.



Fig. 142 – Visualização da correcção de fendas em elementos estruturais de pedra (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 609).

Quando os elementos a preservar possuem um importante valor artístico ou histórico, a escolha e aplicação dos produtos a utilizar devem ter em conta, determinados aspectos, tais como: o uso de consolidantes orgânicos, uma vez que são reversíveis; o consolidante deve alcançar a profundidade máxima, de forma a ser absorvido de igual modo e de maneira a atingir a pedra não alterada. Sempre que se utilizar um produto hidrorrepelente, este deve apresentar uma boa permeabilidade ao vapor de água, de modo a facilitar a respiração da parede. O aspecto exterior da pedra não deverá sofrer alterações e o coeficiente de dilatação térmica do produto deve ser aproximado do da

pedra, de modo a que não ocorram fissuras ou fracturas (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 609).

A consolidação dos elementos estruturais da pedra não deve ser separada das soluções de reforço estrutural nas construções em alvenaria (Aguiar, Paiva e Pinho, 2006, p. 609).

Conclusão

O presente trabalho teve como objectivo estudar a reabilitação estrutural de alvenarias de edifícios antigos na cidade do Porto.

Numa primeira fase, foi descrita a evolução urbana da cidade do Porto ao longo do tempo, tendo por base: o enquadramento histórico, onde se refere a localização do núcleo mais antigo da cidade do Porto, implantado no morro da Sé, assim como a delimitação pelas muralhas. A cidade do séc. XII ao séc. XVIII expande-se a partir da Sé, para locais fora de muralhas. Surge uma nova burguesia rica e mercantil, nomeadamente devido à importância cada vez mais acrescida do porto fluvial. Como consequência, o resultado deste poderio económico reflectiu-se na construção das novas casas, dotadas de uma arquitectura mais rica e opulenta, em detrimento do aspecto medieval que apresentavam semelhantes a fortalezas e com aberturas estreitas. A cidade do séc. XVIII ao séc. XX foi marcada por mudanças significativas, principalmente devido à acção Almadina que realizou importantes operações urbanísticas de ordenamento. Este fenómeno foi precursor da habitação em altura, edificadas de acordo com as regras construtivas impostas, tais como, as alturas máximas permitidas. Com o advento industrial, verificado na segunda metade do séc. XIX, a necessidade de albergar a população trabalhadora levou à criação de habitações, designadas de ilhas. Relativamente à expansão do núcleo urbano, de finais do séc. XIX a meados do séc. XX, poder-se-á dizer que as mudanças efectuadas marcaram e ainda caracterizam o ambiente urbano da cidade do Porto, quer pela construção das pontes D. Luís I e D. Maria Pia e também das Avenidas dos Aliados e no Morro da Sé, a Avenida da Ponte. Sem dúvida que a construção destas infraestruturas facilitou o acesso à circulação de pessoas e mercadorias, através do transporte rodoviário e ferroviário.

Numa segunda fase, procedeu-se à descrição dos edifícios antigos na cidade do Porto referindo as tipologias habitacionais edificadas no centro histórico entre finais do séc. XVII a meados do séc. XIX, principalmente a habitação burguesa. Importa sublinhar que este tipo de edifício era vocacionado para um determinado tipo de população que realizava duas funções nesses espaços, habitação nos pisos superiores e a actividade profissional ao nível do rés-do-chão. Apesar de neste período ter havido alterações nas habitações, entre as quais o número de pisos e a ocupação no terreno influenciada pelo tamanho do lote, outras características foram permanecendo, nomeadamente a

funcionalidade, a organização interna dos espaços, as ligações verticais e os acabamentos. Os sistemas construtivos praticamente não sofreram alterações e acompanharam as alterações ao nível das tipologias. O funcionamento destes sistemas consiste em elementos estruturais principais, tais como as paredes de meação ou empena, os pavimentos e a cobertura; e elementos estruturais secundários, entre os quais as paredes de fachada, as paredes interiores, as escadas interiores e as clarabóias. Os materiais utilizados na construção das casas foram basicamente a pedra, com predominância para o uso do granito, dada a sua abundância nas periferias da cidade do Porto. As madeiras mais usuais eram o castanho, o carvalho, o pinho manso, a casquinha, o pinho nacional, o pinho de riga e o mogno que vinham principalmente dos subúrbios da cidade do Porto, pinhal de Leiria, cidades do Norte da Europa (Dantzig e Riga), Brasil e África. Quanto às argamassas utilizadas, destaca-se a importância daquelas que são basicamente constituídas por cal porque apresentam características vantajosas em termos de adaptabilidade a todas as alvenarias, a solidez, a boa aderência, a elevada capacidade de impermeabilização, a actuação como bactericida, a resistência mecânica, a elasticidade e a durabilidade.

Numa terceira fase, foram apresentadas soluções de reforço em edifícios de alvenaria de pedra. Foram analisadas alvenarias ao nível da sua função estrutural e materiais constituintes (pedra, argamassa e vazios). De seguida, foram estudados os tipos de alvenaria de pedra, nomeadamente em alçados quanto ao tipo de aparelho e assentamento e as tipologias relativamente à secção transversal. A informação teórica inerente aos alçados foi complementada com a realização de um levantamento fotográfico efectuada a edifícios em alvenaria de pedra à vista, localizados no centro histórico da cidade do Porto. Como não foi possível fotografar as secções transversais foram recolhidas imagens, mediante a consulta de uma dissertação que descrevia a caracterização e os tipos de paredes de alvenaria de pedra existentes na cidade do Porto.

Por último, nos reforços estruturais e ao nível das fundações salientam-se as consequências das alterações ocorridas nos edifícios e da importância dos ensaios que determinam as resistências mecânicas dos solos. Também são referidas as soluções de recalçamento e confinamento da secção das fundações, a utilização de estacas e a aplicação de injecções, principalmente as de consolidação. Na parte das alvenarias referem-se as intervenções de reparação em fachadas e também, a operação de aumento

da dimensão das secções transversais. Faz-se, também, referência à aplicação de elementos metálicos e a execução de injeções de consolidação.

Neste trabalho, a principal limitação esteve relacionada com a inexistência de um caso prático de estudo para análise, nomeadamente um edifício antigo localizado na cidade do Porto.

Recomendação para estudos futuros

Sem dúvida que esta dissertação permitiu compreender a evolução urbana da cidade do Porto ao longo do tempo, a caracterização dos sistemas construtivos dos seus edifícios. Esta componente vai facilitar na análise de sistemas construtivos em outros edifícios antigos, preferencialmente aqueles que são localizados na região Norte de Portugal, dado a que existem semelhanças. Relativamente às soluções de reforço em edifícios de alvenaria, também foi importante estudar a constituição geral e características da alvenaria, assim como os tipos de alvenaria de pedra existentes. Quanto aos reforços estruturais, apesar de não ter havido um caso prático de estudo, obteve-se, no entanto, um conhecimento genérico de soluções relativas às fundações e às alvenarias de pedra. Toda esta informação pode ser futuramente aplicada na prática.

Convém sublinhar que a pesquisa bibliográfica realizada ao longo do trabalho permitiu adquirir todo um conjunto de conhecimentos relativamente aos assuntos tratados na dissertação. Neste aspecto, destaca-se a importância das sugestões bibliográficas existentes nas fontes de consulta.

Uma vez que a “Reabilitação” está em voga em Portugal, entender o funcionamento e adaptabilidade dos revestimentos também constitui factor importante, uma vez que se utilizam materiais e técnicas diferentes dos originais. Segundo Veiga (2012, p. 210), quando há incompatibilidade, o resultado traduz-se numa descaracterização e degradação das alvenarias antigas.

Bibliografia

Afonso, J. (2000). *A Rua das Flores no Século XVI. Elementos para a História Urbana do Porto Quinhentista*. 2ª ed. Porto, FAUP.

Aguiar, J. (2005). *Cor e cidade histórica. Estudos cromáticos e conservação do património*. 2ª ed. Porto, FAUP.

Aguiar, J., Paiva, J. e Pinho, A. (2006). *Guia Técnico de Reabilitação Habitacional*. 1ªed. Lisboa, Instituto Nacional de Habitação e Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Almeida, C. (2013). *Paredes Alvenaria do Porto. Tipificação e caracterização experimental*. Dissertação de Doutoramento.

Appleton, J. (2003). *Reabilitação de edifícios antigos: Patologias e tecnologias de intervenção*. 1ªed. Amadora, Edições Orion.

Ara, C. e Cabeças, M. (2001). *Porto Monumental e artístico*. Porto. Porto Editora.

Assunção, D. (2010). *O Morro da Sé – Reflexões de um passado para o futuro*. Porto, Dissertação de Mestrado, UFP.

Barroca, M., Carvalho, T. e Guimarães, C. (1996). *Bairro da Sé do Porto – Contributo para a sua caracterização histórica*. Porto. CMP.

Belém, M. e Teixeira, G. (1998). *Diálogos de Edificação – técnicas tradicionais de construção*. Porto, CRAT.

Berrance, L. (1993). *Evolução do desenho das fachadas das habitações correntes almadinas (1774 – 1844)*. Porto. Arquivo Histórico Municipal do Porto.

Branco, J. (1982). *Manual do Pedreiro*. Lisboa, LNEC.

Casella, G. (2003). *Gramáticas de Pedra. Levantamento de tipologias de construção murária*. Porto, CRAT.

Cóias, V. (2007). *Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos*. 2ª ed. Lisboa. Argumentum.

Couto, J. (2003). *De um Outro Porto*. 1ª ed. Porto. Bons Livros.

Dias, M. (2000). *Porto. Património Cultural da Humanidade*. 3ª ed. S.l. Norprint.

Dias, M. e Marques, M. (2002). *Porto Desaparecido*. S.l. Quimera Editores.

Diogo, E. (2010). *Reabilitação: As Trapeiras como elemento característico da Cidade do Porto*. Porto, Dissertação de Mestrado, U.F.P.

Fernandes, F. (1999). *Transformação e permanência na habitação Portuense. As formas da casa na forma da cidade*. 2ª ed. Porto, FAUP.

Ferreira, A. (1991-1992). *Carta Topográfica do Porto. 1892*. Porto. Arquivo Histórico Municipal do Porto.

Mocho, C. (2005). *Centro Histórico do Porto: CRUARB*. Porto, Monografia, UFP.

Mota, K. (2009). *Caracterização e Tipificação In Situ de Paredes de Alvenaria de Pedra*. Porto, Dissertação de Mestrado, FEUP.

Pinho, F. (2008). *Paredes de Edifícios Antigos em Portugal*. 2ª ed. Lisboa, LNEC.

Portela, A. e Queiroz, F. (2009). *Conservação Urbana e Territorial Integrada. Reflexões sobre Salvaguarda, Reabilitação e Gestão de Centros Históricos em Portugal*. Lisboa, Livros Horizonte.

Ramos, L. (et al.), (1995). *História do Porto*. 2ª ed. Porto. Porto Editora.

Roque, J. (2002). *Reabilitação Estrutural de Paredes Antigas de Alvenaria*. S.l. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.

Segurado, J. S.d. *Materiais de Construção*. 3ª ed. Lisboa. Biblioteca de instrução profissional – livraria Bertrand.

Teixeira, J. (2004). *Descrição do sistema construtivo da casa burguesa do Porto entre os séculos XVII e XIX*. Porto, FAUP.

Artigos inseridos em revistas

Galhano, F. e Oliveira, E. (1958). Casas do Porto, *Douro Litoral*, 8 (VII-VIII), [pp. 637-687].

Veiga, M. (2012). Boas Práticas de Conservação e Restauro do Património. Interligação Entre Ciência e Obra na Conservação de Revestimentos Históricos, *Anuário do Património. Boas práticas de Conservação e Restauro*, (1/Anual/Junho), [pp. 210 – 215].

Documentos disponíveis na Internet

The International PGP Home Page. [Em linha]. Disponível em <http://rop.ineti.pt/rop/FormTipo.php>. [Consultado em 22/10/2011].

The International PGP Home Page. [Em linha]. Disponível em <http://construironline.dashofer.pt/?s=modulos&v=capitulo&c=1789>. [Consultado em 13/01/2012].

The International PGP Home Page. [Em linha]. Disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/Ensaio_triaxial [Consultado em 10/5/2012].

CD-ROM

Arquivo Histórico Municipal do Porto (2000). *2000 Planta do Porto Medieval*. [CDROM].