



**Coordenação de Projetos em
Edifícios de Alvenaria Estrutural**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

José Cláudio da Silva Pereira
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL



UNIVERSIDADE da MADEIRA

A Nossa Universidade
www.uma.pt

julho | 2012

UMa

R Coo

1

Coordenação de Projetos em Edifícios de Alvenaria Estrutural

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

José Cláudio da Silva Pereira

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

ORIENTAÇÃO

Paulo Renato Camacho da Silva Lobo

RESUMO

A engenharia estrutural em Portugal está em parte circunscrita às soluções em betão armado e às estruturas metálicas, facto que se deve ao domínio das técnicas construtivas associadas a essas soluções e à aceitação que têm perante a comunidade em geral. Nessa perspetiva, desenvolveu-se o presente estudo, com o intuito de apresentar uma alternativa igualmente adequada, que, quando bem planeada desde a conceção, pode permitir uma redução significativa dos custos.

Ao longo do presente estudo procura-se discutir as situações em que a alvenaria estrutural pode ser adotada e como desenvolver os trabalhos de coordenação de projeto de modo a preparar uma execução de obra rentável e com qualidade. Nesse sentido, numa fase inicial do documento apresenta-se a história da alvenaria estrutural e a forma como esta evoluiu ao longo do tempo e, posteriormente, discute-se o estado atual da alvenaria estrutural em Portugal. Dado o interesse que este tema poderá ter para os mercados da construção nacional e, particularmente regional, entendeu-se necessário o contacto direto com a obra, tendo sido realizada uma visita a França com o propósito de observar, no terreno, as técnicas construtivas que lhe estão associadas. Adicionalmente, tirou-se partido de informação recolhida em anterior deslocação ao Brasil, sendo que, os dois países referidos apresentam uma sólida tradição de utilização da alvenaria estrutural na edificação.

Posteriormente aborda-se o conceito de projeto, de modo a introduzir o tema da coordenação de projetos em edifícios de alvenaria estrutural. Sendo a fase de coordenação essencial para o sucesso do projeto e para o aumento da produtividade e da rentabilidade do sistema, foi dada particular relevância às várias especialidades que compõem um projeto, o modo como se deve processar e tratar a informação a transmitir entre os responsáveis por cada um desses projetos, e os cuidados a ter na sua compatibilização. Como forma de agilizar e melhorar o processo de compatibilização, é proposto um conjunto de checklists, com os principais itens que devem ser sujeitos a análise por parte dos projetistas envolvidos.

Palavras-chave: alvenaria estrutural, coordenação de projetos, edifícios, técnicas construtivas, coordenação modular.

ABSTRACT

The structural engineering in Portugal is generally limited to solutions in reinforced concrete and structural steel, which is due to the prevalence of the techniques associated with these solutions and the acceptance that they experience in the community in general. In this perspective, the present study was developed with aiming to present an adequate alternative that, when well-planned from the initial stages of conception, may lead to significant costs reductions.

Throughout this study, the situations in which the structural masonry can be adopted and the appropriate ways to carry the project coordination in order to prepare a profitable and quality work are discussed. In this sense, at an early stage of the document the history of structural masonry and how it evolved over time are presented and, subsequently, the current state of structural masonry in Portugal is analysed. Given the interest that this theme might have to national and, particularly, regional construction markets, it was felt necessary to establish direct contact with the construction environment, having been carried out a visit to France with the purpose of observing, on the field, the techniques associated with this type of construction. Additionally, information collected in a previous trip to Brazil was taken into account. These two countries have a strong tradition of use of structural masonry in buildings construction.

The concept of project is than approached in order to introduce the topic of structural masonry buildings' project coordination. Being the coordination phase essential for the project success and to increase the productivity and profitability of this system, particular relevance was given to the various components that make up a project, how to process and treat the information to be transmitted between those responsible for each one of these projects and the special needs of project coordination. As a way to streamline and improve the process of coordination, a set of checklists is proposed, with key items that should be subjected to analysis by the designers involved.

Keywords: Structural masonry, project coordination, buildings, construction techniques, modular coordination.

RÉSUMÉ

L'ingénierie des structures au Portugal est en partie circonscrite aux solutions en béton armé et les structures métalliques, cela est dû au domaine des techniques de constructions associées à ces solutions et l'acceptation qu'elles ont dans la communauté en général. Dans cette perspective, la présente étude a été développée, dans le but de présenter une alternative également appropriée, qui, lorsqu'elles sont bien prévues depuis la conception du projet, peut signifier une réduction significative des coûts.

Tout le long de la présente étude vise à examiner les situations dans lesquelles la maçonnerie structurelle peut être adoptée et comment développer le travail de coordination du projet, afin de rendre l'exécution des travaux plus rentable économiquement, sans lésiner sur la qualité. En ce sens, dans une phase initiale du document, on représente, l'histoire de la maçonnerie structurelle, comme elle a évolué au cours du temps, et ensuite, l'état actuel de la maçonnerie structurelle au Portugal. En raison de l'intérêt que ce thème pourrait avoir sur les marchés de la construction nationale et, en particulier au niveau régional, il a été jugé nécessaire, le contact direct avec les travaux, donc une observation a été effectuée en France afin de constater sur place, les techniques de construction qui lui sont associées. Dans un précédent voyage au Brésil, on a profité des informations collectées, étant donné que ces deux pays, présentent une solide tradition dans le domaine de l'utilisation de la maçonnerie structurelle dans le bâtiment.

Ensuite, on aborde le concept de projet afin d'introduire le thème de la coordination des projets dans les bâtiments de maçonnerie structurelle. La phase de la coordination est essentielle pour le succès du projet et pour augmenter la productivité et la rentabilité du système, donc une importance particulière a été accordée aux différentes spécialités qui composent un projet, comment gérer et traiter les informations à transmettre entre les responsables de chacun de ces projets, et les précautions à prendre pendant sa compatibilité. Afin de rationaliser et d'améliorer le processus de celle-ci, un ensemble de listes de contrôle est proposé, sur les principales questions qui devrait faire l'objet d'une analyse par les concepteurs impliqués.

Mots-clés: maçonnerie structurelle, coordination des projets, bâtiments, techniques de constructions, coordination modulaire.

AGRADECIMENTOS

Ao Eng.º Paulo Silva Lobo, por ter acedido a me orientar nesta dissertação e que, desde o início, demonstrou todo o seu interesse, disponibilidade e amizade. Agradeço todo o material bibliográfico e fotográfico que disponibilizou, assim como todas as suas recomendações, conselhos e críticas, que foram uma mais-valia para a realização deste trabalho e para a minha formação como engenheiro civil.

Ao Eng.º César N. Lourenço, com quem dei os primeiros passos na área da engenharia civil e com quem muito tenho aprendido. Agradeço por estar sempre presente ao longo da minha vida profissional e académica e pela amizade que me tem proporcionado ao longo deste tempo.

Ao gabinete de engenharia de estruturas, CTE-SA Strasbourg, pela disponibilidade demonstrada e pela informação disponibilizada, acerca da realidade de projeto em França.

Aos meus colegas de curso, em especial ao Armando e à Cátia, pelo debate de ideias, pela amizade e companheirismo, não só neste ano de realização da dissertação, mas também ao longo de todo o curso, tendo o condão de transformar intermináveis horas de trabalho e de estudo, em momentos mais fáceis de superar.

Ao meu irmão Miguel, pelas visitas às obras na região, e à minha irmã Micaela, que sempre me apoiou e mostrou confiança.

Ao meu irmão Duarte e à Clotilde, que mesmo estando longe, sempre tiveram uma palavra de incentivo a transmitir. Agradeço a meu irmão pela dedicação e empenho que teve em me proporcionar as melhores visitas às obras, pois sem ele não teria conseguido observar os casos de aplicação em França.

Aos meus pais, Freitas e Armanda, sem os quais, tudo teria sido muito mais difícil. Agradeço pelo constante apoio, pelo acreditar, pela dedicação, pelo amor incondicional, pela educação e valores que me transmitiram.

À minha namorada Mary... por me fomentar a motivação e a inspiração e por dividir comigo os projetos presentes e futuros. Agradeço por estar sempre presente e pronta com as palavras certas nos momentos difíceis, pela compreensão, paciência e dedicação.

ÍNDICE

RESUMO	III
ABSTRACT	V
RÉSUMÉ	VII
AGRADECIMENTOS	IX
ÍNDICE	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABELAS	XVII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO GERAL	1
1.2. MOTIVAÇÃO	2
1.3. OBJETIVOS	2
1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	3
2. ESTADO DA ARTE	5
2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	5
2.2. CONCEITO ESTRUTURAL BÁSICO	6
2.3. BREVE INTRODUÇÃO HISTÓRICA	8
2.3.1. O INÍCIO	8
2.3.2. NA ATUALIDADE	9
2.3.3. EM PORTUGAL	10
2.4. REGULAMENTAÇÃO APLICÁVEL	13
2.4.1. NA EUROPA	13
2.4.2. NO BRASIL E NOS EUA	14
2.5. SOLUÇÕES CORRENTES	14
2.5.1. ALVENARIA NÃO ARMADA	15
2.5.2. ALVENARIA CONFINADA	16
2.5.3. ALVENARIA ARMADA	18
2.5.4. ALVENARIA PRÉ-ESFORÇADA	18
2.6. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA SUA UTILIZAÇÃO	19
2.7. EXEMPLO PRÁTICO DE APLICAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL	20
2.7.1. APLICAÇÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL EM FRANÇA	21
2.7.2. APLICAÇÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL NO BRASIL	29
2.8. CONCLUSÕES	35
3. PROJETO	37
3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	37
3.2. IMPORTÂNCIA DO PROJETO	37
3.3. COORDENAÇÃO DE PROJETOS	39
3.3.1. A EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO	39
3.3.2. PRINCÍPIOS E OBJETIVOS DA COORDENAÇÃO DE PROJETOS	40
3.3.3. ENQUADRAMENTO LEGAL	43
3.3.4. A EQUIPA DE PROJETO	43
3.3.5. O COORDENADOR DA EQUIPA DE PROJETO	45

3.3.6.	<i>PRINCIPAIS FALHAS NA COORDENAÇÃO DE PROJETOS</i>	46
3.4.	CONCLUSÕES	49
4.	COORDENAÇÃO DE PROJETOS EM EDIFÍCIOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL	51
4.1.	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	51
4.2.	CONDICIONANTES AO PROJETO DE ARQUITETURA	52
4.2.1.	<i>COORDENAÇÃO MODULAR</i>	52
4.2.2.	<i>GEOMETRIA DO EDIFÍCIO</i>	56
4.2.3.	<i>DIMENSÃO E DISPOSIÇÃO DAS PAREDES</i>	58
4.2.4.	<i>JUNTAS DE CONTROLO</i>	59
4.2.5.	<i>JUNTAS DE DILATAÇÃO</i>	60
4.3.	COORDENAÇÃO DE PROJETOS	61
4.3.1.	<i>VANTAGENS E DESVANTAGENS DE UM PROJETO RACIONALIZADO</i>	61
4.3.2.	<i>DADOS INICIAIS DO PROJETO E INTERCÂMBIO DE INFORMAÇÕES</i>	62
4.3.3.	<i>COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS</i>	65
4.3.3.1.	<i>PROJETO DE ALVENARIA</i>	65
4.3.3.2.	<i>PROJETO DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS</i>	71
4.3.3.3.	<i>PROJETO DE ELETRICIDADE E ITED</i>	76
4.3.3.4.	<i>PROJETO DAS FUNDAÇÕES</i>	77
4.3.3.5.	<i>OUTROS PROJETOS</i>	78
4.3.3.6.	<i>RECOMENDAÇÕES</i>	78
4.4.	CONCLUSÕES	84
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
5.1.	CONCLUSÕES GERAIS	87
5.2.	CONTRIBUIÇÕES AO TEMA DESENVOLVIDO	89
5.3.	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	89
5.4.	RECOMENDAÇÕES	90
	BIBLIOGRAFIA	91
	ANEXOS	95

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - ARCO SIMPLES, (REPRODUZIDO DE RAMALHO & CORRÊA, 2003).....	7
FIGURA 2 - ARCO CONTRAVENTADO, (REPRODUZIDO DE RAMALHO & CORRÊA, 2003).....	8
FIGURA 3 - CATEDRAL DE NOTRE-DAME DE ESTRASBURGO, FRANÇA.....	9
FIGURA 4 - EDIFÍCIO MONADNOCK EM CHICAGO, EUA, (REPRODUZIDO DE AMRHEIN & PORTER, 2009).	10
FIGURA 5 - EDIFÍCIOS, SEGUNDO A ÉPOCA DE CONSTRUÇÃO, POR PRINCIPAIS MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO ATÉ 2001, (REPRODUZIDO DE UCP, 2007, P. 91).....	12
FIGURA 6 - EDIFÍCIO COM 10 PISOS EM CONSTRUÇÃO, EM BELO HORIZONTE, BRASIL.....	15
FIGURA 7 - SOBREPOSIÇÃO DAS UNIDADES DE ALVENARIA, (REPRODUZIDO DE EC6, 2000).....	16
FIGURA 8 - EXEMPLO DE ESTRUTURAS DE ALVENARIA CONFINADA; (A) ALVENARIA CONFINADA COM UNIDADES DE ALVENARIA ESPECÍFICAS; (B) ALVENARIA CONFINADA COM ELEMENTOS DE BETÃO ARMADO DE FACE À VISTA; (C) ALVENARIA CONFINADA COM ARMADURA DE JUNTA HORIZONTAL, (REPRODUZIDO DE GOUVEIA ET AL., 2007).....	17
FIGURA 9 - UNIDADES DE ALVENARIA PREPARADAS PARA A INTRODUÇÃO DE ARMADURAS; (A) BLOCOS UTILIZADOS EM CRUZAMENTOS DE PANOS DE PAREDE COM POSTERIOR INTRODUÇÃO DE ARMADURA VERTICAL: (B) BLOCOS UTILIZADOS NA FACE INFERIOR E SUPERIOR DAS JANELAS E FACE SUPERIOR DAS PORTAS COM POSTERIOR INTRODUÇÃO DE ARMADURA HORIZONTAL.....	17
FIGURA 10 - EXEMPLO DE ESTRUTURAS DE ALVENARIA ARMADA; (A) ALVENARIA ARMADA, COM ARMADURA EM TRELIÇAS DE AÇO INOXIDÁVEL; (B) ALVENARIA ARMADA, COM ARMADURA ORDINÁRIA, (REPRODUZIDO DE GOUVEIA ET AL., 2007).	18
FIGURA 11 - ELEMENTO DE ALVENARIA PRÉ-ESFORÇADA, (REPRODUZIDO DE NAVE, 2008).....	19
FIGURA 12 – MAPA DO ZONAMENTO SÍSMICO DE FRANÇA, (ADAPTADO DE BRGM, 2012).	21
FIGURA 13 - EDIFÍCIO COM PAREDES EM BETÃO ARMADO NO INTERIOR E PAREDES EM ALVENARIA ESTRUTURAL NO EXTERIOR.....	22
FIGURA 14 - SISTEMA DE SAPATAS CONTÍNUAS PARA UMA MORADIA.....	23
FIGURA 15 - CAVE DE UMA MORADIA COM PAREDES INTERIORES E EXTERIORES EM BETÃO ARMADO.....	23
FIGURA 16 - BLOCO EM BETÃO, PREPARADO PARA COLOCAÇÃO DE ARMADURA HORIZONTAL.....	24
FIGURA 17 - PORMENOR DA ARMADURA VERTICAL PARA UM PILAR, NO BLOCO CERÂMICO.....	24
FIGURA 18 - EXECUÇÃO DE UMA VIGA DE CONTORNO PARA APOIO DA ESTRUTURA DA COBERTURA.....	25
FIGURA 19 - SOLUÇÕES PARA AS VIGAS; (A) PORMENOR DE APLICAÇÃO DE SOLEIRAS E LUMIEIRAS PRÉ-FABRICADAS; (B) VIGA PRÉ-FABRICADA COM 0.20 M X 0.25 M X 5.20 M.....	25
FIGURA 20 - LUMIEIRAS PREPARADAS PARA COLOCAÇÃO DE ESTORES ELÉTRICOS; (A) VISTA INTERIOR; (B) VISTA EXTERIOR.....	26
FIGURA 21 - VIGA EM BETÃO ARMADO, COM 10 M DE COMPRIMENTO E EXECUTADA <i>IN SITU</i>	26
FIGURA 22- LAJE DE VIGOTAS PRONTA PARA BETONAGEM.....	27
FIGURA 23 - PRÉ-LAJES COLOCADAS EM EDIFÍCIO DE 4 PISOS.....	28
FIGURA 24 - COFRAGEM LATERAL DAS LAJES COM BLOCO CERÂMICO; (A) VISTA INTERIOR, ANTES DA BETONAGEM; (B) VISTA EXTERIOR APÓS A BETONAGEM.....	28
FIGURA 25 - EXECUÇÃO DA ESTRUTURA PARA A COBERTURA; (A) ELEVAÇÃO DAS PAREDES DE ALVENARIA ESTRUTURAL; (B) ESTRUTURA EM MADEIRA JÁ COLOCADA.....	29
FIGURA 26 - MAPA DO ZONAMENTO SÍSMICO DO BRASIL, (REPRODUZIDO DE SANTOS, LIMA, & SILVA, 2010).....	30
FIGURA 27 - ENSOLEIRAMENTO GERAL AQUANDO DA BETONAGEM.....	31

FIGURA 28 - ELEVAÇÃO DAS PAREDES EM CASTELOS, (REPRODUZIDO DE BERENGUER & FORTES, 2009).	32
FIGURA 29 - PORMENORES DE AMARRAÇÃO DAS PAREDES; (A) AMARRAÇÃO DIRETA; (B) AMARRAÇÃO INDIRETA, (REPRODUZIDO DE RAUBER, 2005).	32
FIGURA 30 - PREENCHIMENTO DOS VAZIOS NOS BLOCOS DE BETÃO, (REPRODUZIDO DE JUNIOR, 2011).	33
FIGURA 31 - PORMENOR DA LIGAÇÃO DA VIGA COM A LAJE; (A) COM UTILIZAÇÃO DO BLOCO CANALETE TIPO "J"; (B) COM UTILIZAÇÃO DO BLOCO CANALETE NORMAL, (REPRODUZIDO DE JUNIOR, 2011).	34
FIGURA 32 - BETONAGEM DE UMA LAJE DE VIGOTAS, (REPRODUZIDO DE JUNIOR, 2011).	34
FIGURA 33 - PORMENOR DE LIGAÇÃO ENTRE A LAJE DE COBERTURA E O BLOCO CANALETE TIPO "J", (ADAPTADO DE ACCETTI, 1998).	35
FIGURA 34 - CAPACIDADE DE INFLUENCIAR O CUSTO FINAL DE UM EMPREENDIMENTO AO LONGO DAS SUAS FASES, (REPRODUZIDO DE CII, 1987).	38
FIGURA 35 - POSSIBILIDADE DE INFLUENCIAR O PROJETO AO LONGO DAS SUAS FASES, (REPRODUZIDO DE BAGATELLI, 2002).	39
FIGURA 36 - FLUXOGRAMA DE PLANEAMENTO DO PROCESSO DE PROJETO, (REPRODUZIDO DE BUBSHAIT ET AL., 1999).	42
FIGURA 37 - ORGANIZAÇÃO DE UMA EQUIPA DE PROJETO MULTIDISCIPLINAR, (REPRODUZIDO DE COSTA, 1995).	45
FIGURA 38 - DIMENSÕES DE UM BLOCO DE BETÃO.	52
FIGURA 39 - DIMENSÕES REAIS E DIMENSÕES NOMINAIS, (REPRODUZIDO DE RAMALHO & CORRÊA, 2003).	53
FIGURA 40 - DIMENSÕES REAIS ENTRE FACES DE BLOCOS; (A) COLOCAÇÃO EM PARALELO DOS BLOCOS DE CANTO; (B) COLOCAÇÃO NA PERPENDICULAR DOS BLOCOS DE CANTO, (REPRODUZIDO DE RAMALHO & CORRÊA, 2003)	54
FIGURA 41 - REPRESENTAÇÃO DAS FIADAS 1 E 2 E DA ELEVAÇÃO DE UMA PAREDE SEM JUNTAS NA VERTICAL, (REPRODUZIDO DE RAMALHO & CORRÊA, 2003).	54
FIGURA 42 - MODULAÇÃO PISO A TETO, (REPRODUZIDO DE RAMALHO & CORRÊA, 2003).	55
FIGURA 43 - PAREDE EXTERNA SEM BLOCO "J", (REPRODUZIDO DE RAMALHO & CORRÊA, 2003).	56
FIGURA 44 - MODULAÇÃO PISO A PISO, (REPRODUZIDO DE RAMALHO & CORRÊA, 2003).	56
FIGURA 45 - EFEITOS DA FORMA E ALTURA NA ROBUSTEZ DO EDIFÍCIO, (REPRODUZIDO DE RAUBER, 2005)	57
FIGURA 46 - ARRANJOS DE PAREDES QUE CONFEREM MAIOR ESTABILIDADE À ESTRUTURA, (REPRODUZIDO DE RAMON ET AL., 1999).	59
FIGURA 47 - JUNTA DE CONTROLO EM EXECUÇÃO, (REPRODUZIDO DE SANTOS M. D., 2004).	59
FIGURA 48 - EXEMPLOS DE JUNTAS DE CONTROLO, (REPRODUZIDO DE RAUBER, 2005).	60
FIGURA 49 - JUNTA DE DILATAÇÃO EM EXECUÇÃO, (REPRODUZIDO DE SANTOS M. D., 2004).	61
FIGURA 50 - SISTEMA DE ENTRADAS, PROCESSAMENTO E SAÍDAS DURANTE A PRODUÇÃO DE UM EMPREENDIMENTO DE CONSTRUÇÃO, (REPRODUZIDO DE LUITEN & TOLMAN, 1997).	63
FIGURA 51 - FLUXOGRAMA DE INFORMAÇÕES PARA A ESTRUTURAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL, (REPRODUZIDO DE OHASHI, 2001).	65
FIGURA 52 - MAQUETE DE UM PROJETO EM ALVENARIA ESTRUTURAL.	66
FIGURA 53 - PLANTA DA 1ª FIADA, QUE DEFINE O ARRANQUE DOS BLOCOS COM A RESPECTIVA IDENTIFICAÇÃO DAS VISTAS DAS ELEVAÇÕES, (REPRODUZIDO DE LEAL, ALVARENGA, SERON, OLIVEIRA, & SANTOS, 2009).	67
FIGURA 54 - PLANTA DA 2ª FIADA, QUE DEFINE O SEGUNDO NÍVEL DOS BLOCOS DE ALVENARIA COM RESPECTIVA IDENTIFICAÇÃO DAS VISTAS DAS ELEVAÇÕES, (REPRODUZIDO DE LEAL ET AL., 2009).	68
FIGURA 55 - VISTA EM ALÇADO DE UMA PAREDE, (REPRODUZIDO DE LEAL ET AL., 2009).	68

FIGURA 56 - ZONA DESTINADA À CORETE.	70
FIGURA 57 - REPRESENTAÇÃO DA PAREDE QUE SERVIRÁ DE SUPORTE À ESCADA, COM IDENTIFICAÇÃO DOS BLOCOS A PREENCHER, (REPRODUZIDO DE FARIA, 2007).....	71
FIGURA 58 - FIXAÇÃO COM BUCHAS, DA ESCADA PRÉ-FABRICADA.	71
FIGURA 59 - PAREDE HIDRÁULICA, (REPRODUZIDO DE RAUBER, 2005).....	72
FIGURA 60 - BLOCOS HIDRÁULICOS PREPARADOS PARA TUBAGENS VERTICAIS.	72
FIGURA 61 - BLOCO HIDRÁULICO PREPARADO PARA TUBAGENS HORIZONTAIS, (REPRODUZIDO DE ACCETTI, 1998).....	73
FIGURA 62 - UTILIZAÇÃO DE BLOCOS DE MENOR ESPESSURA, PARA PASSAGEM DA REDE HIDRÁULICA, (REPRODUZIDO DE RAUBER, 2005).....	73
FIGURA 63 - VISTA FRONTAL DOS TUBOS DE ESGOTO, (REPRODUZIDO DE FARIA, 2007).	74
FIGURA 64 - NEGATIVO QUE TERÁ QUE SER FECHADO, POR UMA DEFICIENTE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE AS CORETES DEFINIDAS NO PROJETO DE ARQUITETURA E AS DEFINIDAS NO PROJETO DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS, (REPRODUZIDO DE SOUSA, 2010)...	75
FIGURA 65 - SIFÃO E COLUNA DE VENTILAÇÃO EM CONFLITO COM AS NERVURAS DA LAJE, (REPRODUZIDO DE SOUSA, 2010).....	75
FIGURA 66 - EXEMPLO DE UMA DEFICIENTE PREPARAÇÃO DA PAREDE QUE ACOLHE O QUADRO ELÉTRICO, (REPRODUZIDO DE FARIA, 2007).....	76
FIGURA 67 - BLOCO ESTRUTURAL COM TERMINAL ELÉTRICO PRÉ-EMBUTIDO.	77
FIGURA 68 - PAREDE COMPATIBILIZADA COM TODAS AS ESPECIALIDADES, (REPRODUZIDO DE FARIA, 2011).....	79
FIGURA 69 - FLUXOGRAMA DE PRIORIDADES PARA A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS.....	80

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - RELAÇÕES RECOMENDADAS ENTRE AS DIMENSÕES DE UM EDIFÍCIO, (REPRODUZIDO DE RAUBER, 2005).	57
TABELA 2 - RELAÇÕES ENTRE ALTURA TOTAL E COMPRIMENTO DAS PAREDES RESISTENTES, (REPRODUZIDO DE RAUBER, 2005).	58
TABELA 3 - <i>CHECKLIST</i> DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE O PROJETO DE ARQUITETURA E O PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL.....	81
TABELA 4 - <i>CHECKLIST</i> DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE OS PROJETOS DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E DE ALVENARIA ESTRUTURAL.	82
TABELA 5 - <i>CHECKLIST</i> DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE OS PROJETOS DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E ITED COM O PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL.	83
TABELA 6 - <i>CHECKLIST</i> DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE O PROJETO DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS COM OS PROJETOS DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E ITED.	83
TABELA 7 - <i>CHECKLIST</i> DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE O PROJETO DAS FUNDAÇÕES E OS RESTANTES PROJETOS.	84

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento geral

O tema desta dissertação enquadra-se na área da Engenharia de Estruturas, mais especificamente na conceção estrutural de edifícios em alvenaria estrutural.

Em Portugal existe um grande domínio das estruturas de edifícios realizadas em betão armado, seguidas de longe pelas estruturas em aço, facto que torna necessário refletir sobre outras tipologias de conceção estrutural e de construção existentes, como é o caso das estruturas em alvenaria estrutural. Desde o início dos tempos em que o Homem começou a construir habitações, as estruturas em alvenaria sempre foram uma solução que correspondeu às necessidades do usuário, sendo prova disso muitos edifícios que datam de há vários séculos e que ainda se encontram em condições de serem habitados. Com o aparecimento do betão e do aço, as soluções em alvenaria foram perdendo atratividade progressivamente e foram esquecidas as vantagens, quer económicas, quer ambientais, inerentes às construções desse tipo.

Uma construção pensada como um todo, corretamente planificada, coordenada tanto na fase de projeto, como na fase de construção e que seja economicamente avaliada, permite reduzir o tempo de execução de tarefas em obra, rentabilizando ao máximo a mão-de-obra, bem como a utilização dos equipamentos. Aplicar novos materiais com funções mais apropriadas, promovendo um aproveitamento mais adequado dos diversos elementos de construção para o desempenho estrutural, é outra das possibilidades do sistema estrutural que será discutido ao longo deste trabalho.

Existem estudos realizados em Portugal, que referem que a construção em alvenaria estrutural é competitiva em relação à solução tradicional em betão armado, sendo referidas reduções até 25% no valor global da obra (Lourenço, Gouveia, & Melo, 2006, p. 2). Por outro lado, de acordo com contatos estabelecidos no Brasil, admitem-se reduções na ordem dos 30%. Com esta perspetiva, é possível apresentar soluções que podem representar um avanço técnico significativo para a indústria da construção, com consequentes resultados económicos, que vão ao encontro das necessidades do país.

1.2. Motivação

A motivação do tema está associada à vontade de desenvolver um assunto que se considera pertinente e ainda não devidamente explorado em Portugal, procurando criar um trabalho que possa servir de motivação a outros para continuarem a explorar o tema, divulgando assim a alvenaria estrutural como solução estrutural alternativa.

A procura de soluções construtivas economicamente mais interessantes que as soluções tradicionais, mas que garantissem também a segurança e o conforto necessário ao utilizador, levou igualmente à escolha do tema em causa que, segundo vários estudos já publicados, quer a nível nacional quer a nível internacional, mostra ser uma alternativa muito interessante a todos os níveis, mas que carece de divulgação junto dos vários profissionais da área da construção civil.

O interesse pelo tema da coordenação de projetos em edifícios de alvenaria estrutural surge, também, pela vontade de aplicar alguma da experiência profissional anteriormente já adquirida na coordenação de projetos em edifícios de betão armado.

1.3. Objetivos

A elaboração desta dissertação tem como objetivos divulgar a alvenaria estrutural como sistema construtivo, avaliar as vantagens e desvantagens da sua utilização e discutir a coordenação de projetos para este tipo de solução.

Para o alcance destes objetivos, fez-se um breve levantamento histórico de construções realizadas em alvenaria estrutural e que, passados muitos séculos, continuam a ser exemplos da garantia que este tipo de construção oferece, e deu-se a conhecer os diversos tipos de soluções existentes dentro da alvenaria estrutural, e em que situações, cada uma delas é mais recomendável.

Pretende-se igualmente alertar para a importância do processo de projeto e de toda a sua envolvência de uma forma geral, definindo de uma forma clara os princípios e objetivos da coordenação de projetos, tendo em conta os diversos intervenientes numa equipa de projeto e descrevendo o papel que cada um desempenha.

São apresentadas diretrizes para a elaboração dos projetos em alvenaria estrutural, que visam a obtenção da qualidade do edifício e a otimização dos recursos empregues na sua produção, sendo criadas *checklists* para facilitar e agilizar o processo de

compatibilização de projetos em edifícios de alvenaria estrutural.

1.4. Organização da dissertação

De modo a serem cumpridos os objetivos propostos, a dissertação foi estruturada tendo por base duas partes essenciais: uma primeira parte que trata da apresentação do sistema construtivo, com o desenvolvimento de um caso de aplicação observado em França e de outro no Brasil, e uma segunda parte que aborda o conceito de projeto e de coordenação de projeto de uma forma geral, sendo posteriormente desenvolvida a componente de projeto e coordenação de projeto diretamente associada as estruturas de alvenaria estrutural, optando-se por apresentar algumas conclusões no final de cada capítulo.

Assim, no presente capítulo é feito o enquadramento geral do tema escolhido para a dissertação, bem como das motivações que levaram à sua escolha. Os objetivos pretendidos para o trabalho são igualmente descritos neste capítulo, terminando com uma breve descrição da organização e da forma como se desenvolve a dissertação.

No segundo capítulo apresenta-se o estado da arte, onde é realizada uma abordagem histórica à alvenaria estrutural e onde é explicado o conceito estrutural básico. É também exposto o estado atual do sistema construtivo, quer em Portugal, quer noutros países que têm o sistema já amplamente desenvolvido, como é o caso do Brasil. Nesse capítulo são apresentadas também as vantagens e desvantagens da utilização da alvenaria estrutural, e são descritas as soluções correntes em alvenaria estrutural e as características de cada uma delas. Para finalizar o capítulo, é apresentada a aplicação de um caso prático de implementação da alvenaria estrutural confinada observado em França, onde são descritas várias técnicas construtivas utilizadas para esse tipo de solução e para diferentes fases da obra. Optou-se igualmente por apresentar algumas das técnicas construtivas realizadas no Brasil que, sendo um país de referência na aplicação da alvenaria estrutural, mereceu, através de pesquisa bibliográfica e de registos anteriormente obtidos, uma análise à forma como são realizados os trabalhos em alvenaria.

No terceiro capítulo é introduzido o conceito de projeto e de coordenação de projeto, onde é dada especial relevância à importância do projeto. São descritos os

princípios e objetivos da coordenação de projetos e apresentados os membros constituintes de uma equipa de projeto numa situação desejável, com a descrição das funções e do papel de cada um dos intervenientes na equipa. Para finalizar o capítulo, são descritas as principais falhas que costumam surgir na coordenação de projetos.

No quarto capítulo é desenvolvido o tema principal desta dissertação, a coordenação de projetos em edifícios de alvenaria estrutural. Assim, é feita primeiramente uma abordagem às condicionantes ao projeto de arquitetura, passando posteriormente à descrição das vantagens e desvantagens de um projeto racionalizado. É também abordada a forma como deve ser feito o intercâmbio de informações e o modo como a mesma deve ser gerida. A compatibilização de projetos é um dos assuntos a ser desenvolvido neste capítulo, onde os principais tipos de projetos necessários para um edifício de alvenaria estrutural são apresentados e onde são descritas as principais situações de incompatibilidades, que deverão ser sujeitas a análise pela equipa de projeto. No final do capítulo, pode-se encontrar uma proposta de *checklists* que visam ser um complemento ao trabalho realizado pela equipa de projeto.

No quinto e último capítulo, são referidas as conclusões gerais desta dissertação, bem como as contribuições que a mesma vem trazer ao tema desenvolvido. O capítulo é concluído com propostas de desenvolvimentos futuros em torno deste tema e são feitas recomendações que têm como objetivo o desenvolvimento e promoção do sistema construtivo em alvenaria estrutural.

2. ESTADO DA ARTE

2.1. Considerações iniciais

As edificações em alvenaria estão entre as construções de maior aceitação pelo Homem, desde as civilizações antigas. Edificações monumentais em alvenaria de pedras e tijolos, como as pirâmides do Egito e o Coliseu romano, ainda permanecem erguidas, passados mais de 2000 anos da sua construção, o que serve de testemunho da durabilidade deste sistema construtivo ao longo do tempo (Duarte, 1999).

No séc. XX, a indústria do cimento financiou programas de pesquisas sobre o betão, o que levou a uma grande difusão deste material de construção, tornando-o no material mais utilizado em todo o mundo, sobretudo em obras de edificação. Associado a este desenvolvimento do betão, as estruturas de aço também evoluíram no mesmo sentido, fazendo com que as construções em alvenaria se tornassem rudimentares e pouco práticas. Segundo Camacho (1986), citado por (Santos M. D., 1998, p. 9), *“Os métodos utilizados em obras de alvenaria tornaram-se obsoletos e esse material foi abandonado, passando a ser usado quase exclusivamente como fechamento”*.

Rauber (2005) refere que, em consequência deste facto, iniciaram-se na Europa estudos mais aprofundados sobre estruturas de alvenaria no final dos anos 40. Já nos anos 50, nos Estados Unidos, iniciou-se o desenvolvimento de regras práticas para a alvenaria, que culminou com a publicação de códigos de construção. O Brasil, que nos dias de hoje é um dos principais países onde a construção em alvenaria estrutural é uma realidade, apenas nos anos 60 adotou a alvenaria estrutural como solução construtiva, embora esse uso fosse restrito a alvenaria estrutural armada e para edifícios destinados a habitação, com um máximo de quatro pisos.

Atualmente esta tecnologia tem uma vasta utilização em países como os Estados Unidos e o Brasil, mas também por vários países europeus, casos da Alemanha, França, Inglaterra e Suíça.

“Em Portugal, esta tecnologia tem sido muito pouco empregue e é vista pela comunidade técnica dos engenheiros projetistas com pouca capacidade estrutural e portanto de uso muito restrito, de aplicação a edifícios de pequeno porte.” (Morais, 2006, p. 1). Facto que não é alheio a este desinteresse por parte dos projetistas em adotar a alvenaria

estrutural como solução viável em Portugal (ou em pelo menos parte dele) e, embora a publicação do EC6¹ em português já date de 2000, está a necessidade um estudo individual exaustivo e uma obrigatória atualização de conhecimentos, o que, por si só, é um dos entraves ao desenvolvimento desta tecnologia em Portugal. Machado (1999) realça a importância de que para evitar experiências negativas e aumentar setores de mercado que ainda resistem à sua utilização, é de extrema importância preparar os profissionais envolvidos no processo de execução e operacionalização do sistema.

Em Portugal, a tecnologia do betão armado é comumente utilizada na construção de edifícios, mesmo os de pequeno e médio porte. De alguns anos a esta parte, as soluções que incluem estruturas metálicas têm vindo a ser utilizadas, sobretudo em edifícios industriais. A utilização de paredes de alvenaria tem sido restringida à construção de paredes não estruturais, quer interiores, quer exteriores, nem sempre executadas adequadamente, dando origem a patologias diversas que, diminuem de forma significativa as condições de habitabilidade. Só recentemente são conhecidas edificações em que foram utilizadas paredes de alvenaria estrutural (Lourenço, 2006).

A tecnologia simples e os aspetos económicos fazem crer que a utilização de alvenaria estrutural é viável em Portugal, podendo diversificar o panorama atual. Por outro lado, com a introdução das normas europeias de dimensionamento, refletidas nos Eurocódigos, onde se encontram para além das regras de dimensionamento, pormenorizações e técnicas de execução em obra, passam a estar disponíveis novas soluções estruturais no mercado dominado pela tecnologia do betão armado (Lourenço, Haach, Vasconcelos, & Gouveia, 2007).

2.2. Conceito estrutural básico

O conceito principal que está associado à utilização da alvenaria estrutural é o da transmissão de ações através de tensões de compressão. Essa é a primeira ideia que deverá surgir, sempre que se quiser ter em conta a alvenaria como solução a utilizar na elaboração de estruturas. Com os estudos que têm sido levados a cabo, é pertinente admitir que em edificações com poucos pisos e com vãos pequenos, possam surgir tensões de tração em alguns pontos específicos da estrutura, embora não sejam de esperar valores muito

¹ “Eurocódigo 6 – Projeto de estruturas de alvenaria” traduzido do inglês “Eurocode 6: Design of masonry structures”. Regulamento europeu que define as regras de dimensionamento para este sistema construtivo.

elevados. Caso surjam valores de tração demasiado elevados, a estrutura pode continuar a ser tecnicamente viável, mas pode tornar-se menos adequada do ponto de vista económico (Ramalho & Corrêa, 2003).

Numa fase inicial, este sistema consistia basicamente num empilhamento simples de unidades de alvenaria², de forma a atingir o objetivo proposto. Era possível criar vãos de pequenas dimensões, mas sempre sujeitos à utilização de peças auxiliares, geralmente pedras ou vigas de madeira. Contudo, a utilização dessas peças auxiliares provocavam problemas de durabilidade, em que, segundo Ramalho & Corrêa (2003), o facto de a vida útil do material madeira ser significativamente pequena em relação à dos materiais usados para as alvenarias, fizeram com que as obras realizadas por esse sistema construtivo tivessem que ver as suas coberturas e pavimentos reconstruídos, pois os originais degradaram-se ao longo do tempo, ao ponto de alguns deles terem mesmo entrado em ruína, sendo as ruínas da Babilônia e Pompeia exemplos eloquentes dessa situação.

Os arcos, contraventados ou não, que se podem identificar em pontes com vários séculos, foram resultado do desenvolvimento que o sistema conheceu e que permitiu que, através de um conveniente arranjo das unidades que garantisse o preceito básico da não existência de tensões de tração com valores significativos, fosse possível obter vãos e pés-direitos de relativa dimensão, o que para além de ter vindo marcar uma evolução no processo construtivo, veio também trazer uma maior beleza e durabilidade as estruturas realizadas em alvenaria (Ramalho & Corrêa, 2003). Na Figura 1 pode-se observar um esquema de arco simples e, na Figura 2, um esquema de arco contraventado.

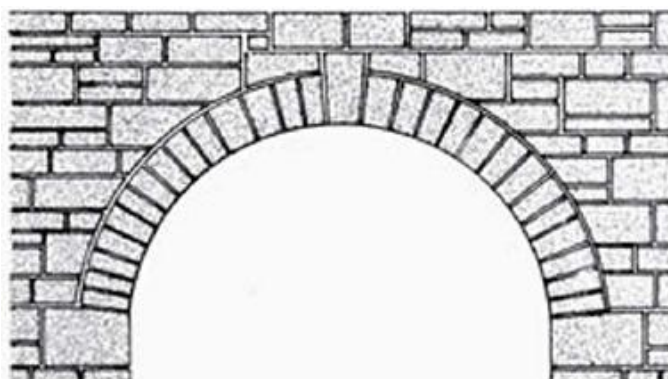


Figura 1 - Arco simples, (reproduzido de Ramalho & Corrêa, 2003).

² A designação “unidade de alvenaria” está definida no Eurocódigo 6 como “Elemento produzido para ser utilizado na construção de alvenaria”. Exemplos de unidades de alvenaria são o tijolo cerâmico e o bloco de betão. O termo português resulta da tradução da designação anglo-saxónica “masonry unit”.

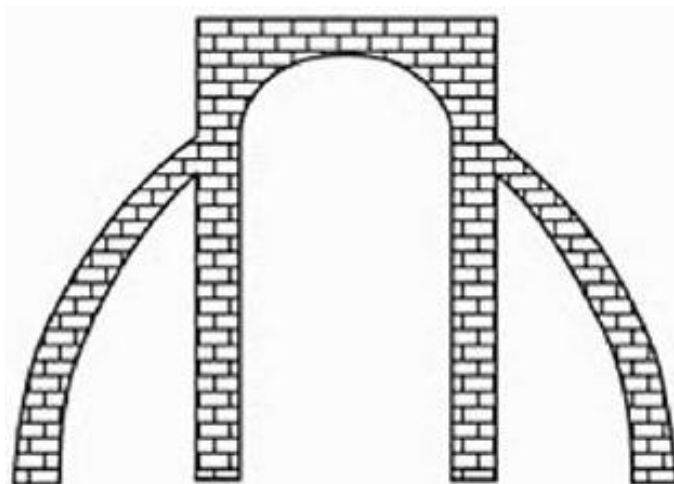


Figura 2 - Arco contraventado, (reproduzido de Ramalho & Corrêa, 2003).

2.3. Breve introdução histórica

2.3.1. O INÍCIO

A alvenaria como material de construção, nas suas diversas aplicações, é utilizada desde os primórdios da história humana. São muitos os registos de construções de valor assinalável que perduram e que mantêm-se intatas há milhares de anos. É através dessas obras que se percebe que a alvenaria estrutural é uma das mais antigas formas de construir desenvolvidas pelo Homem (Morais, 2006). A análise deste facto permite perceber as capacidades resistentes deste tipo de solução, forçando a uma mudança do olhar depreciativo que alguns agentes económicos têm sobre esta solução como sistema estrutural, fazendo compreender que a alvenaria estrutural é capaz de dar garantias de qualidade estrutural e que garante igualmente a beleza e funcionalidade necessária as edificações modernas.

Como qualquer solução construtiva, houve uma evolução das técnicas e materiais utilizados, sendo o bloco de pedra aquele que era utilizado no início da história. Segundo Moraes (2006) a sua aplicação consistia na sobreposição de blocos de vários tamanhos, em que não era utilizado qualquer elemento cimentício a ligar os blocos, sendo os espaços vazios que se formavam entre as pedras de maior dimensão ocupados por pedras de menor dimensão. Em regiões onde a pedra natural não era abundante foram desenvolvidas técnicas de fabricação de tijolos em barro, argila e até com adobe, que era seco ao sol e, mais tarde, com recurso a fornos. São conhecidas obras deste tipo com mais de 10 000 anos em países como a Babilónia, Suméria e Egito.

Podem ser referidas várias construções com esse sistema construtivo, sendo um bom exemplo as três pirâmides de Guizé, Queóps, Quéfren e Miquerinos, que datam de aproximadamente 2600 a. C., em que a maior das pirâmides, *Queóps*, mede 147m de altura e a sua base quadrada tem 230m de lado. Os blocos utilizados foram cerca de 2,3 milhões, com um peso médio de 25 kN. Até o ano de 1907 era a obra de maior altura construída pelo Homem, sendo então ultrapassada pelo *Singer Building* em Nova Iorque, com 206 m de altura. Outras obras de referência e que importam enunciar são: a Muralha da China (215 a.C.), o Coliseu de Roma (82 d. C.), as catedrais de Toledo (1226 a 1493), a Notre-Dame de Paris (1163) e a Notre-Dame de Estrasburgo (1439) (Figura 3).



Figura 3 - Catedral de Notre-Dame de Estrasburgo, França.

2.3.2. NA ATUALIDADE

O *Monadnock Building*, apresentado na Figura 4, é outro exemplo marcante e mais atual, tendo sido construído entre 1889 e 1891 em Chicago, que, com 65 m de altura e 16 andares, tem nas paredes do piso térreo uma espessura de 1,80 m. Ramalho & Corrêa (2003) referem que se fosse dimensionado pelos procedimentos atuais e com os mesmos materiais, essa espessura não ultrapassaria os 0.30 m. Desde a sua concepção, o mesmo já foi modernizado e restaurado mantendo-se em perfeitas condições de utilização.



Figura 4 - Edifício Monadnock em Chicago, EUA, (reproduzido de Amrhein & Porter, 2009).

Um passo marcante para a alvenaria estrutural na Europa foi dado por Paul Haller, que em 1951 efetuou estudos experimentais que conduziram à construção de um edifício em alvenaria não armada em Basileia, Suíça, com 13 pisos e 41.40 m de altura. A espessura das paredes é de 0.15 m para as paredes internas e de 0.375 m para as paredes externas (Gouveia, Lourenço, & Vasconcelos, 2007, p. 2).

O mais alto edifício da atualidade construído com esse sistema é o Hotel Excalibur, em Las Vegas, EUA. O Hotel é formado por quatro torres, cada uma com 28 pisos, e contendo cada uma delas 1008 apartamentos. A resistência à compressão especificada na base das paredes de alvenaria armada de blocos de betão foi aproximadamente de 28 MPa (Amrhein & Porter, 2009, p. XLII).

2.3.3. EM PORTUGAL

Segundo Gouveia et al., (2007), a evolução que se deu em Portugal não é muito diferente das anteriormente referidas. Entre os séculos V e XV, período da Idade Média, foram realizadas inúmeras obras pelo Império Romano: calçadas, castelos, pontes, catedrais e templos religiosos. As habitações eram realizadas com o material existente na região, encontrando-se por isso na zona norte do país edifícios em alvenaria de pedra aparelhada em granito e pedra seca, usando palha para vedar juntas, enquanto na zona sul as casas foram, em regra, executas com paredes de adobe e de taipa. Na zona centro encontra-se um

misto entre estas duas soluções, existindo na zona interior uma predominância de paredes de alvenaria ordinária, executada com blocos de pedra irregular e tijolos ou então por pedaços de tijolos ligados entre si por uma argamassa feita de cal e areia. Na zona litoral as paredes de terra (adobe e taipa) eram a solução mais corrente.

Já em plena era dos descobrimentos (séc. XV a XVIII), época de imponentes castelos, palácios e mosteiros, as moradias eram executadas em alvenaria de pedra, cantaria e de tabique. Para os pavimentos utilizava-se a madeira, que também era o material de referência para executar uma estrutura de vigas, prumos e diagonais de travamento, que eram depois preenchidas com pedaços de tijolo ou pedra ligados por uma argamassa de pedra e cal.

Após o grande sismo de Lisboa (1755), as estruturas de alvenaria da época pombalina serviram de referência para a construção no nosso país, sendo a reconstrução da cidade de Lisboa dominada por uma solução que ganhou o conceito de Gaiola, que era destinada a fazer face às ações sísmicas, em que a estrutura de madeira formava diagonais cruzadas (cruzes de Santo André) e era posteriormente revestida por alvenaria de pedra no exterior (LNEC, 2005).

Após 1930, assiste-se ao declínio da solução tipo Gaiola com o aparecimento em Portugal de uma nova solução estrutural: o betão armado. Dá-se um desenvolvimento da indústria de produtos de betão, nem sempre devidamente controlados por normas de fabrico ou com características físicas e mecânicas satisfatórias que garantissem uma boa construção, sendo que, só na década de 60 começaram a surgir as primeiras normas nacionais para a avaliação de características de unidades de alvenaria. Contudo, essas normas destinadas essencialmente a tijolos cerâmicos, não tiveram o acompanhamento de documentos que normalizassem e regulamentassem o dimensionamento de estruturas de alvenaria, tal como havia sido feito para as estruturas em betão armado (1935, 1967, 1983) e para as estruturas em aço (1929, 1965, 1986). À semelhança da Europa, a aplicação de estruturas de alvenaria sofreu, após a década de 60, uma estagnação em Portugal, onde se verificou um claro domínio das construções reticuladas em betão armado (Gouveia et al., 2007).

Observando a Figura 5, pode-se constatar de forma clara o domínio que as estruturas em betão armado têm vindo a impor desde os anos 60, época em que chegaram aos 30% no total de edifícios existentes em Portugal. Até a data dos dados analisados, as estruturas em betão armado correspondem a cerca dos 50% do total de edifícios existentes, sendo as

soluções em parede de alvenaria as predominantes na restante percentagem. Mantendo a tendência que se vem verificando, o betão armado de forma gradual continuará a ganhar vantagem, pois as construções que existem em alvenaria estrutural são antigas, ou seja, a não ser que sejam sujeitas a recuperação, atingirão o estado de ruína, e serão substituídas por outros edifícios em que já não será empregue esse tipo tecnologia.

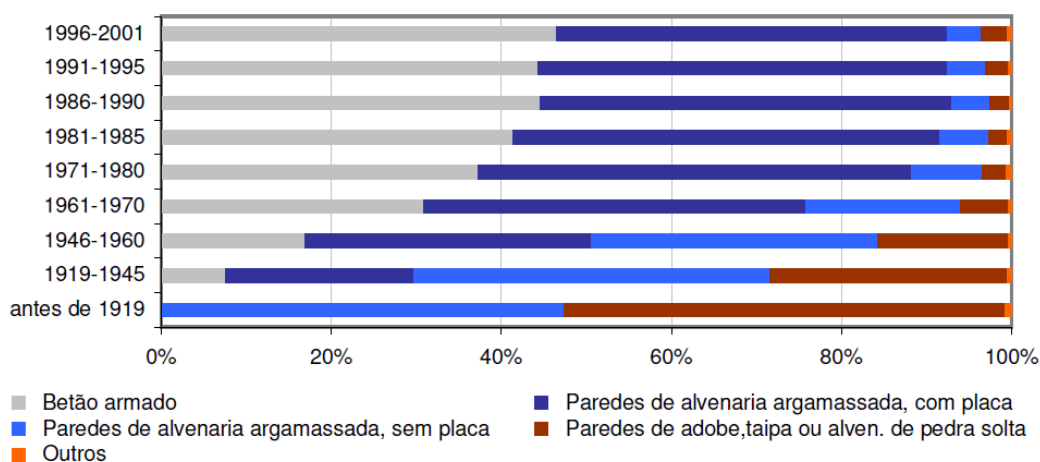


Figura 5 - Edifícios, segundo a época de construção, por principais materiais utilizados na construção até 2001, (reproduzido de UCP, 2007, p. 91).

Uma das justificações para o domínio das estruturas em betão armado e para o facto dessa mesma solução continuar a se impor em relação as restantes, é dada por Lourenço & Sousa (2002, p. 2), defendendo que *“A situação atual é que os materiais estruturais mais antigos, nomeadamente a alvenaria e madeira, foram praticamente banidos dos currículos das licenciaturas em Engenharia Civil e Arquitetura. Em consequência, a geração atual de consultores e projetistas ligados à Construção Civil, com honrosas exceções, desconhece outros materiais estruturais para além do aço e do betão.”*. Os mesmos autores referem ainda que o desconhecimento sobre estes tipos de materiais e técnicas construtivas poderá provocar uma avaliação deficiente da segurança de construções mais antigas, um enviesamento na reabilitação das construções existentes, ou de outra forma, intervenções ineficientes na maior parte do património construído.

2.4.Regulamentação aplicável

2.4.1. NA EUROPA

Os Eurocódigos Estruturais tiveram e continuam a ter uma preparação exaustiva, preparação que teve o seu início em 1987 pela Comissão das Comunidades Europeias (CCE), tendo sido atribuído mais tarde ao Comité Europeu de Normalização (CEN) a responsabilidade de prosseguir essa tarefa. O CEN mantém-se ainda como a entidade responsável pelos Eurocódigos. O objetivo deste conjunto de documentos passa por uniformizar as regras de dimensionamento e técnicas de construção em todo o espaço Europeu.

A elaboração dos Eurocódigos pressupõe que todos os países envolvidos irão cumprir o descrito nos mesmos e que os assumirão como Norma Nacional, no caso de Portugal, Norma Portuguesa (NP).

Os Eurocódigos Estruturais encontram-se divididos da seguinte forma:

- EN 1990, Eurocódigo 0 (EC0) – Bases de Projeto;
- EN 1991, Eurocódigo 1 (EC1) – Ações em Estruturas;
- EN 1992, Eurocódigo 2 (EC2) – Projeto de Estruturas de Betão;
- EN 1993, Eurocódigo 3 (EC3) – Projeto de Estruturas de Aço;
- EN 1994, Eurocódigo 4 (EC4) – Projeto de Estruturas Mistas de Aço-Betão;
- EN 1995, Eurocódigo 5 (EC5) – Projeto de Estruturas de Madeiras;
- EN 1996, Eurocódigo 6 (EC6) – Projeto de Estruturas de Alvenaria;
- EN 1997, Eurocódigo 7 (EC7) – Projeto Geotécnico;
- EN 1998, Eurocódigo 8 (EC8) – Disposições para Projeto de Estruturas Sismo-resistentes;
- EN 1999, Eurocódigo 9 (EC9) – Projeto de Estruturas de Alumínio.

Os Eurocódigos remetem para os Anexos Nacionais (NA) quando um dado parâmetro não se encontra definido nos primeiros. Esses parâmetros designam-se por parâmetros nacionais (NDP)³.

³ NDP – National Determined Parameter.

Portugal, que não dispunha de qualquer tipo de regulamentação para estruturas de alvenaria, passa assim a ter nos Eurocódigos um conjunto de documentos fundamentais para o desenvolvimento desse tipo de solução. Para o dimensionamento das estruturas de alvenaria são usados o EC6, que trata do projeto em geral, e o EC8, que trata das características e exigências de um projeto resistente ao sismo.

2.4.2. NO BRASIL E NOS EUA

Dada a importância de países como o Brasil e os EUA no desenvolvimento da tecnologia da alvenaria estrutural, mas também por terem sido dos países que continuaram a admitir a solução como viável, pese a emergência do betão armado, importa enunciar as normas que os mesmos utilizam para o dimensionamento das estruturas em alvenaria estrutural. Assim, temos:

BRASIL

- NBR 10837: Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de betão (1989) - Trata do cálculo da alvenaria estrutural, armada e não armada, de blocos vazados de betão;
- NBR 8798: Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de betão (1985) - Fixa as condições exigíveis que devem ser obedecidas na execução e no controle de obras.

EUA

- ACI Manual Building Code Requirements and Specifications for Masonry Structures and Related Commentaries (ACI 530/530.1-05).

2.5. Soluções correntes

Os edifícios em alvenaria estrutural são constituídos por um conjunto de elementos verticais, contínuos e resistentes, em que a distribuição está geralmente associada à distribuição de espaços definida pela arquitetura e pelos elementos horizontais constituídos pelas lajes em betão armado. Os elementos horizontais têm um papel importante para uma eficaz distribuição das ações horizontais, provocadas pelo vento e pelos sismos, pelos

elementos verticais resistentes, mas para isso têm que funcionar como um diafragma rígido no seu plano, pois a resistência a essas ações será globalmente mobilizada pelas paredes de contraventamento em alvenaria. As paredes resistentes deverão, para além de resistir às ações horizontais, resistir às ações verticais provocadas pelo peso próprio dos elementos e pelas sobrecargas atuantes (Lourenço et al., 2007).

Lourenço et al., (2002) referem que um aspeto negativo na utilização da alvenaria estrutural é a sua resposta às ações sísmicas, quando a obra a executar encontra-se numa zona com esse risco associado. Para garantir o sucesso das estruturas em alvenaria, foram criados quatro grupos de soluções que podem ser escolhidos consoante o risco sísmico a que as estruturas estão sujeitas. Esses grupos são: alvenaria não armada (ou simples), alvenaria confinada, alvenaria armada e alvenaria pré-esforçada.

2.5.1. ALVENARIA NÃO ARMADA

Um país onde a aplicação de alvenaria não armada tem sido um sucesso, é o Brasil. Nesse país a ação sísmica não é tida em conta no dimensionamento estrutural na quase totalidade do seu território e já são conhecidos exemplos de edificações que ultrapassam os 10 pisos, como se ilustra na Figura 6.



Figura 6 - Edifício com 10 pisos em construção, em Belo Horizonte, Brasil.

Segundo o EC6 as paredes de alvenaria são executadas pela sobreposição ordenada e predefinida de unidades de alvenaria, consolidada através de argamassa de betão. A sobreposição das unidades deverá ser de pelo menos 40% da altura das unidades ou então 40 mm, tal como é ilustrado na Figura 7. Os limites mínimos para a furação vertical e para as espessuras das paredes dos blocos de betão ou cerâmicos impostos pelo EC6 evitam a rotura de paredes condicionada pela reduzida resistência à compressão, que se traduziria em roturas frágeis.

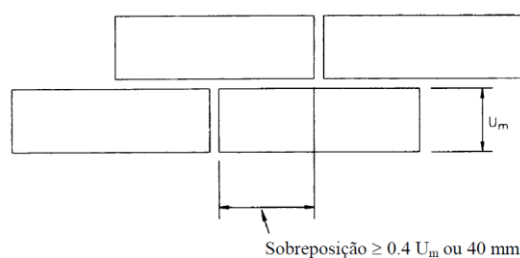


Figura 7 - Sobreposição das unidades de alvenaria, (reproduzido de EC6, 2000).

De acordo com o EC8, o uso de alvenaria estrutural em zonas sísmicas deverá ser limitado devido à sua pouca ductilidade. Todavia, a alvenaria não armada poderá ser usada em zonas de reduzida sismicidade, desde que sejam garantidos requisitos mínimos relativos à espessura das paredes. Assim, o mesmo documento indica que em zonas de relativa sismicidade e para paredes não armadas constituídas por alvenaria que não a pedra natural, a espessura das paredes deverá ter um mínimo de 0.24 m e em zonas de baixo risco sísmico deverá ser garantido uma espessura mínima de 0.17 m. A esbelteza é outra forma de garantir a estabilidade estrutural das paredes de alvenaria, que pode ser obtida através da relação entre a distância entre lajes efetiva e a espessura efetiva, que é de 12 para as zonas sísmicas e de 15 para as zonas de baixa sismicidade.

2.5.2. ALVENARIA CONFINADA

A alvenaria confinada caracteriza-se por ser um sistema construtivo em que as paredes estão confinadas por elementos estruturais de betão armado ou, alternativamente, por elementos de alvenaria armada, conforme se ilustra na Figura 8.

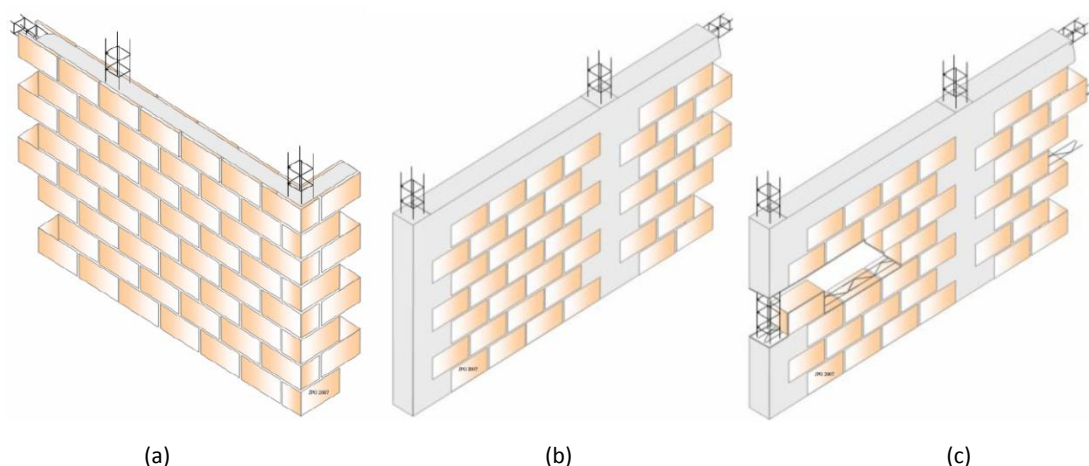


Figura 8 - Exemplo de estruturas de alvenaria confinada; (a) Alvenaria confinada com unidades de alvenaria específicas; (b) Alvenaria confinada com elementos de betão armado de face à vista; (c) Alvenaria confinada com armadura de junta horizontal, (reproduzido de Gouveia et al., 2007).

O EC6 não prevê no dimensionamento de alvenarias estes elementos de confinamento, pelo que, no cálculo da estrutura, deverá apenas ser tido em conta o pano de parede simples ou armada. No entanto, estes elementos de confinamento visam garantir um aumento da ductilidade e da capacidade de dissipar energia das paredes quando sujeitas às ações horizontais (Lourenço et al., 2007).

O EC8 determina que os elementos de confinamento devem ser colocados na interseção de todas as paredes, assegurando assim a estabilidade do conjunto estrutural. Deverão também ser colocados elementos de confinamento nos bordos das aberturas com área superior a $1,50 \text{ m}^2$, assim como nas extremidades das paredes. Esse mesmo regulamento prevê que a distância máxima entre elementos de confinamento deverá ser de 5,0 m, tendo esses elementos uma dimensão mínima de 150 mm. Na Figura 9 observam-se algumas das soluções existentes no mercado francês e que são utilizadas regularmente.

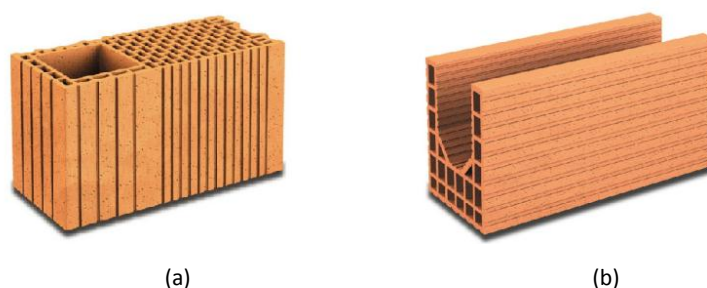


Figura 9 - Unidades de alvenaria preparadas para a introdução de armaduras; (a) Blocos utilizados em cruzamentos de panos de parede com posterior introdução de armadura vertical; (b) Blocos utilizados na face inferior e superior das janelas e face superior das portas com posterior introdução de armadura horizontal⁴.

⁴ Catálogo “POROTHERM R25 – Brique de murs”.

2.5.3. ALVENARIA ARMADA

A alvenaria armada, à semelhança da alvenaria confinada, é adequada a zonas de maior sismicidade, pois este sistema prevê também melhoramentos na execução que permitem obter igualmente maior resistência e capacidade de dissipar energia.

A Figura 10 mostra o aspeto geral da execução da alvenaria armada, sendo que este sistema construtivo consiste na colocação de armaduras nas juntas horizontais bem como nas células verticais dos blocos, que são posteriormente preenchidas com betão ou calda de cimento. A colocação destas armaduras vem trazer aos panos de alvenaria a capacidade de resistir à tração.

A adoção deste tipo de alvenaria estrutural levanta outro tipo de situações que é necessário ter em conta, nomeadamente os diferentes tipos de unidades de alvenaria de betão ou cerâmicas que têm que ser utilizados para facilitar a introdução de armaduras. Existem unidades de alvenaria preparadas para alojar as armaduras horizontais e verticais, servindo elas mesmo de cofragem à argamassa de enchimento.

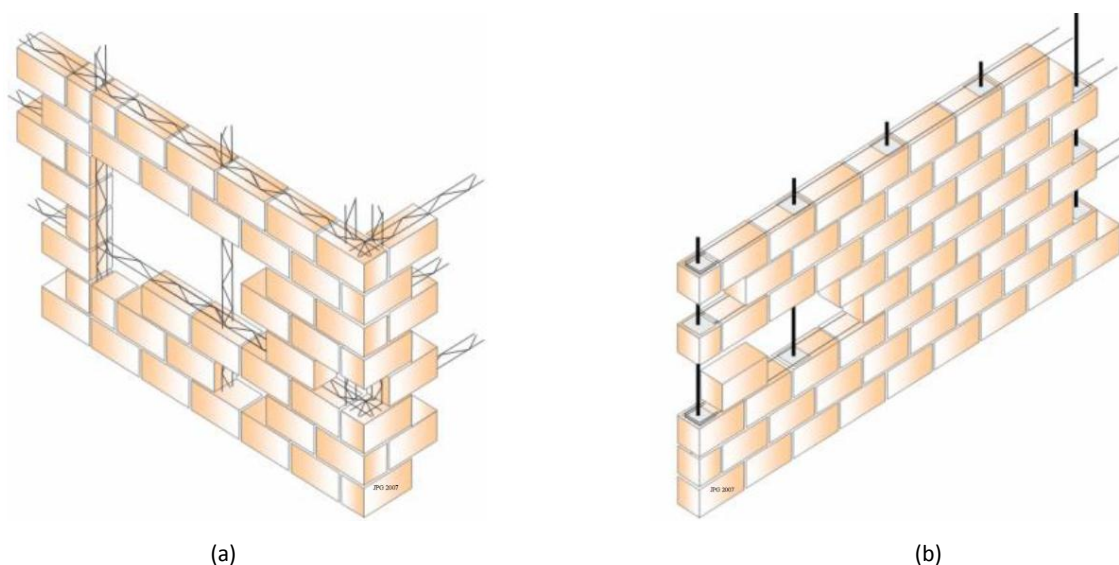


Figura 10 - Exemplo de estruturas de alvenaria armada; (a) Alvenaria Armada, com armadura em treliças de aço inoxidável; (b) Alvenaria armada, com armadura ordinária, (reproduzido de Gouveia et al., 2007).

2.5.4. ALVENARIA PRÉ-ESFORÇADA

A alvenaria pré-esforçada (Figura 11) consiste na colocação de varões no interior dos panos de parede, nos quais é aplicada uma força de tração através de macacos hidráulicos, transmitindo assim uma força de compressão à alvenaria, aumentando a resistência ao corte

e, por conseguinte, melhorando a capacidade de suportar os esforços devidos às ações horizontais reduzindo também as tensões de tração.

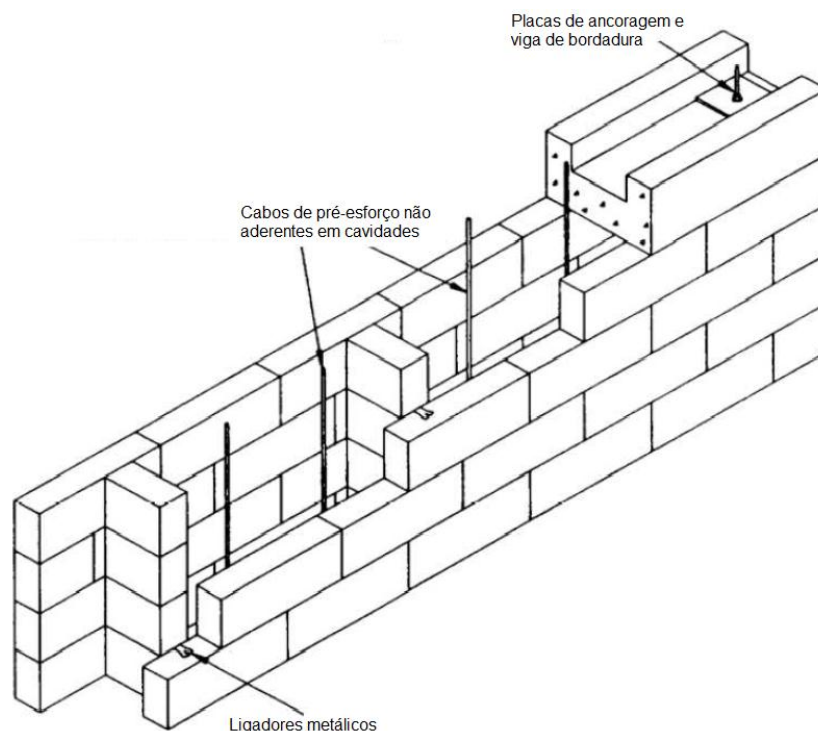


Figura 11 - Elemento de alvenaria pré-esforçada, (reproduzido de Nave, 2008).

2.6. Vantagens e desvantagens da sua utilização

Como qualquer sistema que se pretenda implementar, torna-se importante que se discutam os aspetos técnicos e económicos envolvidos, em que para cada um desses itens é necessário considerar as principais vantagens e desvantagens. Assim, a análise será feita de forma isolada no que ao próprio sistema diz respeito, mas também através da comparação com o processo convencional de produção de edifícios em betão armado. Ramalho & Corrêa (2003) enumeram as principais vantagens e desvantagens do sistema:

VANTAGENS

- *Dupla função da alvenaria* - Ao mesmo tempo que serve de vedação, serve também de estrutura, o que do ponto de vista económico é uma mais-valia;
- *Economia de cofragem* - A cofragem limita-se às necessárias para a betonagem da laje;
- *Redução significativa nos revestimentos* - Por tratar-se de blocos com um maior controlo na qualidade e acabamento, e em que exige um cuidado superior na

execução dos panos de parede, a redução de revestimentos torna-se muito significativa;

- *Redução nos desperdícios de material e mão-de-obra* - Como as paredes não podem sofrer intervenções significativas, como roços ou aberturas para a colocação de tubagens, acaba sendo uma importante causa de eliminação de desperdícios e diminuição de mão-de-obra.

DESVANTAGENS

- *Comportamento da estrutura ao sismo* - É necessário adotar a solução de alvenaria adequada (não armada, confinada, armada ou pré-esforçada) consoante o risco de sismicidade a que a zona está sujeita;
- *Dificuldade de se adaptar a arquitetura a uma nova utilização* - Como as paredes fazem parte da estrutura, não existe a possibilidade de adaptações significativas na arquitetura. Em muitos casos é tecnicamente impossível proceder-se a alterações desse tipo;
- *Condicionante ao projeto de arquitetura* - Dado a este sistema estrutural não permitir grandes vãos, é necessário que a solução seja prevista quando esteja a ser concebido o projeto de arquitetura;
- *Incompatibilidades entre projetos de arquitetura e projetos de especialidades* - A compatibilização entre projetos ganha outra dimensão nos projetos de alvenaria, pois a impossibilidade de furação das paredes, condiciona de forma marcante sobretudo os projetos hidráulicos e elétricos;
- *Necessidade de mão-de-obra qualificada* - É necessário mão-de-obra qualificada para fazer uso de ferramentas adequadas a sua execução, sendo por isso necessário formação prévia da equipa de trabalho contratada para a execução da obra.

2.7.Exemplo prático de aplicação da alvenaria estrutural

Como já foi observado anteriormente, existem diferentes tipos de soluções com alvenaria estrutural e, como tal, existem particularidades na execução que tornam-se importantes referir, de modo que se possa perceber como funciona na prática o sistema e

de que forma, a produtividade nos trabalhos para as estruturas em alvenaria estrutural diferem dos trabalhos realizados para as estruturas em betão armado.

Para ilustrar os vários processos construtivos, será feita uma análise à execução da alvenaria estrutural confinada em França e à execução de alvenaria simples no Brasil.

2.7.1. APLICAÇÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL EM FRANÇA

Importa referir que o estudo feito aos processos construtivos de alvenaria estrutural confinada realizado em França, ocorreu na cidade de Estrasburgo, que está classificada como zona de risco de sismicidade de nível 3 (moderado), numa escala que varia entre o 1 (muito fraco) e o 5 (forte) (BRGM, 2012). Pode-se observar na Figura 12, o mapa do zonamento sísmico de França, bem como a localização da região onde foi realizado o estudo.

Dado ao risco moderado de sismo existente nesta região, os projetistas só adotam a alvenaria estrutural como solução para edifícios tipo moradias, recorrendo em geral, às soluções em betão armado para os edifícios que ultrapassam os 3 pisos, inclusive.

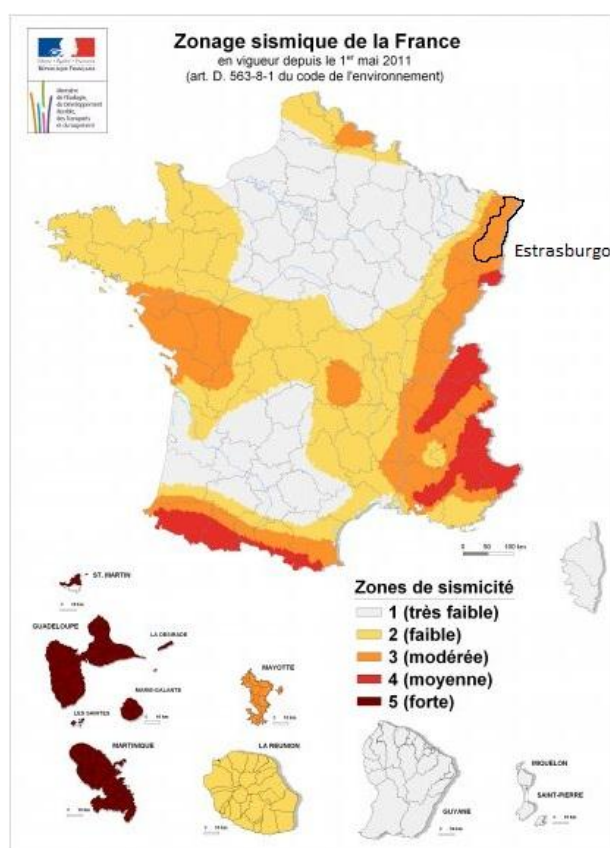


Figura 12 – Mapa do zonamento sísmico de França, (adaptado de BRGM, 2012).

Os projetistas referem que estes últimos edifícios são constituídos por paredes em betão armado em todo o seu interior e apenas as paredes exteriores são, em geral, executadas em alvenaria (Figura 13), que embora tenham grande resistência à compressão (dependendo do fabricante, pode-se encontrar resistências de 14 MPa), essa resistência não é tida em conta no dimensionamento do edifício.

A zona sísmica em que a região em questão se insere, promove a escolha da alvenaria estrutural confinada como solução segura para os edifícios habitacionais de baixo porte, pois, para além de ser uma solução de relativa facilidade de execução e conseqüentemente implicar uma produtividade elevada, respeita os parâmetros de segurança que uma zona sísmica de risco moderado exige.

A produtividade e os fatores económicos estão interligados nas diversas escolhas de soluções que ali são adotadas. Para além das alvenarias, os tipos de fundações, de muros de contenção, de lajes, de vigas e até coberturas, são definidos em função do investimento que é feito para uma dada solução e os valores de mão-de-obra que são poupados.



Figura 13 - Edifício com paredes em betão armado no interior e paredes em alvenaria estrutural no exterior.

Regra geral, são escolhidas soluções que passam pelos elementos de betão armado pré-fabricados, que justificam o investimento económico na compra das peças, pois haverá menos custos com a mão-de-obra, com o material para cofragem, para além do facto de o edifício ser concluído em menos tempo, quando comparado com os elementos estruturais executados *in situ*.

- FUNDAÇÕES E MUROS DE CONTENÇÃO

As fundações poderão ser feitas utilizando o sistema de sapatas isoladas, ligadas entre si com vigas de equilíbrio, podendo também ser adotado o ensoleiramento geral, mas o mais comum é utilizar-se o sistema de sapatas contínuas (Figura 14).

É prática comum as moradias desta região serem providas de uma cave, pelo que a solução para os muros de contenção passa na maioria das vezes pela execução de muros em betão armado, incluindo as paredes interiores (Figura 15), mas também a solução de alvenaria estrutural armada apresenta-se como opção em alguns casos. Neste último caso, as armaduras para além terem uma distribuição vertical, também têm uma distribuição horizontal em blocos próprios para o efeito, como se observa na Figura 16. Esses blocos possuem um sistema de encaixe macho-fêmea, que, para além de permitir economizar na argamassa de assentamento, permite uma maior resistência da parede aos impulsos laterais.



Figura 14 - Sistema de sapatas contínuas para uma moradia.



Figura 15 - Cave de uma moradia com paredes interiores e exteriores em betão armado.



Figura 16 - Bloco em betão, preparado para colocação de armadura horizontal.

- ALVENARIAS / PILARES

Tratando-se da solução de alvenaria estrutural confinada, ao longo dos panos de alvenaria são colocados blocos cerâmicos específicos, que permitem a colocação de armaduras para os pilares (Figura 17), e em que a distância compreendida entre os pilares pode variar entre os 3 e os 4 metros. O processo construtivo, para além do anteriormente referido, passa também por colocar blocos próprios para as ligações verticais em cada mudança de direção, em cada encontro com parede interior e nas laterais das portas e janelas. É de realçar que a abertura destinada ao pilar tem 15 cm de diâmetro e as armaduras colocadas são, em geral, 4 varões longitudinais de diâmetro 8 mm e cintas de diâmetro 6 mm, espaçadas de 20 cm. Para a betonagem dos pilares é utilizado um betão um pouco mais fluido que aquele utilizado na betonagem das lajes e vigas, para facilitar a colocação e reduzir o risco de ficarem vazios por preencher.



Figura 17 - Pormenor da armadura vertical para um pilar, no bloco cerâmico.

- VIGAS

Tal como os pilares, as vigas também possuem elementos em blocos cerâmicos que facilitam a sua execução, servindo o próprio bloco de cofragem. Mas, no caso das vigas,

torna-se necessário separar o processo construtivo caso se tratem de simples vigas de contorno ou se tratem de vigas para vencer vãos de portas ou janelas já com dimensões consideráveis. No primeiro caso, as vigas de contorno possuem um bloco específico que será colocado na última fiada de blocos, onde a armadura da viga de contorno pode ser colocada sem a necessidade de uma cofragem (Figura 18). No segundo caso, quando se tratam de vãos para portas e janelas, são tidas em conta outras opções. A mais corrente passa pela colocação de elementos pré-fabricados (Figura 19), facilitando o processo de execução e garantindo uma maior produtividade nos trabalhos. É comum utilizarem-se pré-fabricados de betão em soleiras, peitoris e lumieiras com espessuras de 5 cm para vãos pequenos (até 1,50 m), e vigas igualmente pré-fabricadas para vãos maiores (até 5 m), com secções a variar entre os 20 a 25 cm de largura e os 15 a 25 cm de altura.



Figura 18 - Execução de uma viga de contorno para apoio da estrutura da cobertura.



(a)

(b)

Figura 19 - Soluções para as vigas; (a) Pormenor de aplicação de soleiras e lumieiras pré-fabricadas; (b) Viga pré-fabricada com 0.20 m x 0.25 m x 5.20 m.

É de notar que, no caso de estar prevista a colocação de estores elétricos nas portas e janelas, é necessário proceder a um acerto na largura da lumieira para que possa ser embutido o equipamento necessário ao funcionamento do estore. São utilizadas vigas pré-fabricadas com metade da largura da parede e com acabamento cerâmico (Figura 20).



Figura 20 - Lumieiras preparadas para colocação de estores elétricos; (a) Vista interior; (b) Vista exterior.

Quando os vãos das vigas atingem valores significativos (acima dos 5 m) então é utilizado o sistema normal de vigas executadas no local, com recurso a cofragem e betonagem *in situ* (Figura 21).



Figura 21 - Viga em betão armado, com 10 m de comprimento e executada *in situ*.

- LAJES

O contacto com os projetistas locais e as visitas realizadas às diversas obras permitiram concluir que, a solução corrente para as lajes das moradias executadas em alvenaria estrutural confinada é a das lajes de vigotas pré-esforçadas (Figura 22). A justificação referida pelos projetistas para a escolha deste tipo de solução incide sobre o facto de que as

lajes de vigotas pré-esforçadas correspondem totalmente as necessidades sísmicas da região e sobre a produtividade que se obtém na execução das mesmas.

Em comparação com as lajes maciças, a cofragem necessária para as lajes de vigotas é diminuta, reduzindo assim os custos associados à cofragem e à mão-de-obra, mas a grande vantagem que se encontra é o aligeiramento da laje que se repercute nas menores ações sobre as vigas, alvenaria estrutural, pilares e fundações e até na ação sísmica a considerar.



Figura 22- Laje de vigotas pronta para betonagem.

Para os edifícios de 3 ou mais pisos, a solução mais correntemente adotada já não é de lajes de vigotas pré-esforçadas, mas sim as pré-lajes (Figura 23).

As pré-lajes, para além de permitirem igualmente rápidas execuções pelo facto de dispensarem cofragem, têm menor peso e maior isolamento térmico que a solução equivalente em betão armado, podendo ser dispensado o revestimento inferior da laje (aplicando apenas uma regularização das juntas inferiores) e dando também boas condições de contraventamento à estrutura.

Importa referir que alguns construtores contactados defendem que a solução de pré-lajes devia ser adotada inclusive para moradias, devido ao alto rendimento que a execução das mesmas permite.



Figura 23 - Pré-lajes colocadas em edifício de 4 pisos.

Ambas as soluções atrás apresentadas são boas soluções para o caso em estudo da alvenaria estrutural. Para ambas é necessário o escoramento na face inferior das lajes e a cofragem só é necessária nos bordos, sendo essa cofragem feita com recurso a um bloco cerâmico próprio para o efeito, que é fixado sobre a última fiada de blocos pelo menos um dia antes da betonagem da laje, ficando os mesmos a fazer parte de toda a estrutura (Figura 24).



(a)



(b)

Figura 24 - Cofragem lateral das lajes com bloco cerâmico; (a) Vista interior, antes da betonagem; (b) Vista exterior após a betonagem.

- COBERTURA

Para a realização da cobertura, a estrutura em alvenaria estrutural prolonga-se até a altura definida em projeto e, na última fiada de blocos, são colocados os blocos canaleta

para executar a viga de contorno, que servirá de suporte à estrutura de madeira da cobertura (Figura 25).



Figura 25 - Execução da estrutura para a cobertura; (a) Elevação das paredes de alvenaria estrutural; (b) Estrutura em madeira já colocada.

É de salientar que quando uma moradia não tem previsto um sótão habitável, a última laje não é realizada em betão, antes é colocada uma estrutura em madeira que será forrada pela face superior com chapas de madeira e isolada com material tipo lã de vidro. A face inferior tem acabamento com teto falso, regra geral em material de gesso cartonado. Mais uma vez, a escolha por esta solução tem a ver com a rapidez de execução, redução de custos e diminuição das ações sobre a estrutura.

2.7.2. APLICAÇÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL NO BRASIL

A alvenaria estrutural não armada está bem implementada no Brasil, pelo facto do território brasileiro apresentar uma baixa atividade sísmica, exceptuando duas regiões em que o potencial sísmico não é desprezável, parte do Nordeste, influenciada pela falha do Atlântico Central, e parte do Norte e do centro-oeste, devido à sua proximidade com a Cordilheira dos Andes. Assim, pode-se observar na Figura 26 o mapa do zonamento sísmico, que é usado pela norma NBR 15421⁵ para definir as zonas sísmicas do Brasil. O território divide-se em 5 zonas, sendo a Zona 0 aquela em que o risco sísmico é desprezável, e a Zona 4 aquela em que o risco sísmico atinge maior relevância. Note-se que a Zona 0 é aquela que

⁵ Norma Brasileira de Projeto de Estruturas Resistentes a Sismos

tem maior predominância no país, sendo que, das 16 cidades brasileiras com população superior a 1 milhão, apenas duas não se encontram abrangidas pela Zona 0 (IBGE, 2011).

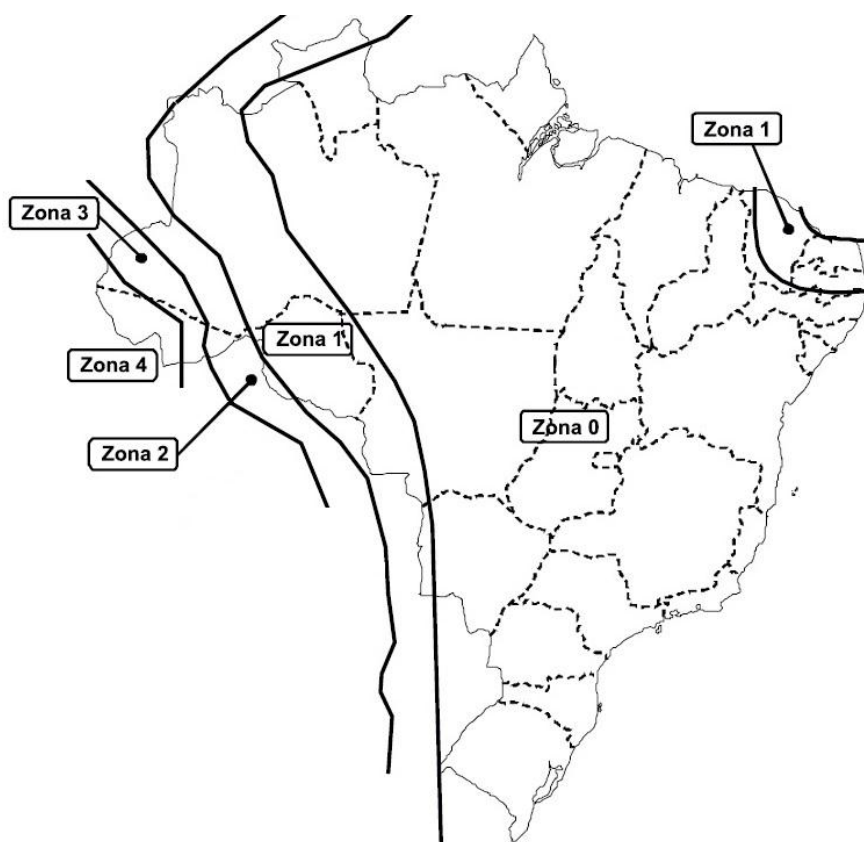


Figura 26 - Mapa do zonamento sísmico do Brasil, (reproduzido de Santos, Lima, & Silva, 2010).

- FUNDAÇÕES

Segundo Carvalho (2006), as estruturas em alvenaria estrutural são estruturas mais sensíveis aos assentamentos diferenciais do que as estruturas em betão armado, sendo essa a principal causa das fissuras que eventualmente podem se apresentar nas alvenarias. Assim, o autor refere que as soluções de fundações diretas são aquelas mais indicadas para as estruturas em alvenaria estrutural, devendo ser utilizada a solução de ensoleiramento geral (Figura 27) sempre que possível, pois é uma solução que minimiza os assentamentos diferenciais, reduzindo o efeito de arco nas alvenarias. A sapata contínua, que no contexto da alvenaria estrutural é designada de vigas baldrame, também é uma solução viável para vãos entre paredes inferiores a 5 m e em que a tensão admissível no solo é superior a 100 kPa, mas deverá ser feita uma verificação cuidada aos assentamentos diferenciais. Em solos com tensões admissíveis mais baixas, pode-se adotar as estacas como solução, mas estarão

a ser introduzidas tensões na alvenaria estrutural devidas ao efeito de arco, dada a distância entre estacas.



Figura 27 - Ensoleiramento geral aquando da betonagem.

- ALVENARIAS

A elevação das alvenarias inicia-se pelas paredes exteriores, executando os chamados castelos (Figura 28), que têm a função de servir como referência para o assentamento dos blocos intermédios. Nesta fase, é preciso ter em atenção a necessidade da colocação de blocos especiais para as várias instalações e também preparar as zonas das paredes para os vãos de portas e janelas.

Deverá proceder-se à amarração das paredes para garantir o pleno desempenho da alvenaria estrutural. A amarração pode ser efetuada de duas formas, sendo uma delas a amarração direta (Figura 29a), que consiste no cruzamento dos blocos, havendo uma penetração alternada de 50% do comprimento do bloco na parede intercetada, e a outra forma que é obtida através da amarração indireta (Figura 29b), que consiste na colocação de grampos em aço, ou outro sistema de resistência comprovada, nas juntas de argamassa.

Numa fase posterior, deverá proceder-se ao enchimento de alguns blocos de alvenaria com betão autocompactável (Figura 30), conforme projeto, bem como à colocação de armadura nos vazios desses blocos, se assim for indicado. Para evitar o efeito de segregação do betão, o enchimento desses blocos deverá efetuar-se em duas etapas, a primeira quando se atinja a sétima fiada e a segunda quando se conclua a última fiada. Devem ser previstos

furos na primeira e oitava fiadas, que servirão de controlo ao enchimento, devendo-se observar o betão a sair pelos furos; caso contrário, existirá algum impedimento à passagem da argamassa, situação que deverá ser retificada. Após a colocação do betão, o mesmo deve ser vibrado com o auxílio de um vibrador de agulha de pequeno diâmetro, ou até mesmo com o auxílio de um varão de aço (Berenguer & Fortes, 2009).

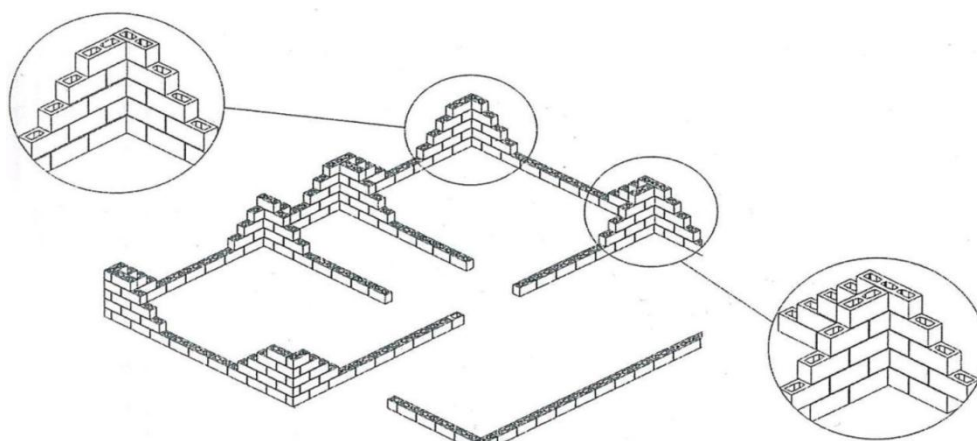


Figura 28 - Elevação das paredes em castelos, (reproduzido de Berenguer & Fortes, 2009).



(a)

(b)

Figura 29 - Pormenores de amarração das paredes; (a) Amarração direta; (b) Amarração indireta, (reproduzido de Rauber, 2005).

Durante a elevação devem ainda ser instalados os pré-fabricados necessários, como os peitoris e lumieiras, evitando assim, após a conclusão da alvenaria, trabalhos desnecessários. As juntas devem ser todas preenchidas e ter cerca de 1 cm, sejam elas verticais ou horizontais, pois o não preenchimento das mesmas reduz a resistência da alvenaria estrutural.



Figura 30 - Preenchimento dos vazios nos blocos de betão, (reproduzido de Junior, 2011).

- VIGAS, VERGAS E CONTRAVERGAS

À semelhança do que se verifica em França, as vigas são geralmente executadas com o auxílio dos blocos canaleta. A utilização deste tipo de blocos permite ao projetista, definir se pretende que esse bloco faça parte da cofragem da laje ou não. É usual o projetista adotar para as paredes exteriores o bloco canaleta tipo “J” (Figura 31a) e para as paredes interiores o bloco canaleta normal (Figura 31b), que pode igualmente ser utilizado para o exterior. Antes da betonagem das vigas, que é conjunta com a betonagem da laje, é colocada a armadura dentro do bloco, seguindo a indicação do projeto.

A presença de vergas nos vãos das portas e janelas e de contravergas nas janelas é imprescindível, sendo que estes elementos atuam de forma a absorver os esforços de tração que surgem nos cantos das aberturas, bem como para a redistribuição das cargas verticais para as laterais dos vãos.

À semelhança do que se verifica em França, as vergas e contravergas podem ser executadas de várias formas:

- com blocos canaleta, devidamente armados e preenchidos com betão;
- peças em betão armado, executados *in situ*;
- peças em betão armado pré-fabricadas.

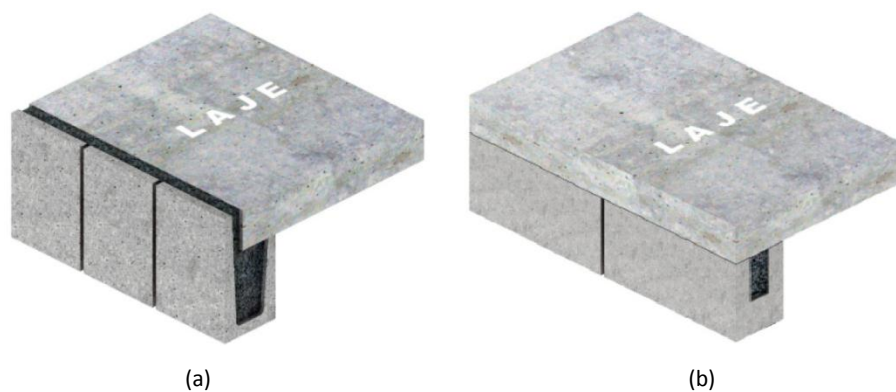


Figura 31 - Pormenor da ligação da viga com a laje; (a) Com utilização do bloco canaleta tipo "J"; (b) Com utilização do bloco canaleta normal, (reproduzido de Junior, 2011).

- LAJES

A escolha do tipo de laje a aplicar assemelha-se à situação que se verifica em França, sendo que a melhor solução passa por lajes maciças armadas nas duas direções, que conferem uma melhor distribuição dos esforços devidos às cargas verticais e à ação do vento. Contudo, como são lajes moldadas *in situ* possuem o inconveniente de necessitarem de cofragens, escoramentos e preparação de armaduras mais complexa, afetando o custo da obra e reduzindo a produtividade. Assim, Roman et al., (1999) recomendam a utilização de pré-lajes que, para garantir o comportamento desejado, devem ter as lajes adjacentes interligadas com varões de aço, definidos pelo projetista. As lajes de vigotas acabam igualmente por ser uma solução comum, pelas vantagens já anteriormente referidas. Pode-se observar a betonagem de uma laje de vigotas na Figura 32.



Figura 32 - Betonagem de uma laje de vigotas, (reproduzido de Junior, 2011).

- COBERTURA

Para a laje de cobertura, o procedimento adotado deve ser diferente das restantes lajes dos outros pisos. Existem problemas devidos às elevadas variações térmicas a que a laje de cobertura está sujeita, que provocam problemas de fissuração nas alvenarias e consequentemente podem provocar problemas de infiltrações.

Assim, Accetti (1998) refere que, as lajes de cobertura devem ser executadas simplesmente apoiadas nas paredes, permitindo a sua livre movimentação no plano, que pode ser facilitado, por exemplo, com a aplicação de papel betumado entre a laje e a viga. É recomendável a colocação de poliestireno expandido entre a laje e o bloco canaleta tipo “J”, com o intuito de absorver as movimentações da mesma. Um pormenor de ligação entre a laje e o bloco canaleta tipo “J” pode ser observado na Figura 33.

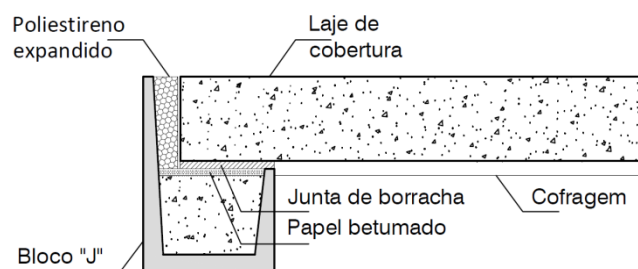


Figura 33 - Pormenor de ligação entre a laje de cobertura e o bloco canaleta tipo "J", (adaptado de Accetti, 1998).

2.8. Conclusões

Neste capítulo foram feitas considerações acerca da história da alvenaria estrutural e a evolução que a mesma foi sofrendo ao longo do tempo. Essa apresentação foi complementada com exemplos de edificações em alvenaria que marcaram a história e que contribuíram para que as soluções em alvenaria estrutural fossem vistas e entendidas como viáveis e duradouras.

Foi feita uma análise ao estado atual da alvenaria estrutural em Portugal, bem como a outros países que adotaram esse sistema como solução estrutural, com especial incidência a França, país que foi visitado com vista à observação *in situ* da execução do sistema. Foram também apresentadas, técnicas de execução da alvenaria estrutural realizadas em França e no Brasil.

Com a análise das vantagens e desvantagens é possível lançar a discussão acerca das melhores soluções a adotar para cada situação, pois, dentro do próprio sistema de alvenaria

estrutural, existem variantes que se adequam a diferentes cenários. Ainda assim, é possível concluir que a alvenaria não armada tem um fraco desempenho quando sujeita à ações sísmicas, pelo que esta solução só deverá ser utilizada em edifícios de pequeno porte, ao contrário da alvenaria confinada e da alvenaria armada que têm um bom comportamento perante as ações horizontais, sendo possível a execução de edifícios com dimensão considerável.

3. PROJETO

3.1.Considerações iniciais

No decorrer do processo histórico da civilização ocorreram mudanças que levaram o Homem a ter que construir abrigos artificiais que lhe permitissem viver e trabalhar em condições satisfatórias, gerando assim um ramo essencial da atividade humana: a construção de edifícios. O evoluir das civilizações até à atualidade, muito fica a dever a essa especialidade que se foi desenvolvendo ao longo dos séculos. O Homem sempre olhou para a natureza tentando imitar as estruturas nela existente, de forma a atender os propósitos humanos referentes à locomoção, ao abrigo, à produção, entre outros (Fabrício & Melhado, 2002).

Segundo observa Cross (1998), a habilidade para o projeto é uma parte da inteligência humana, uma habilidade natural disseminada na maioria da população, podendo ser observada nas construções vernaculares e nos desenhos rupestres produzidos nos primórdios da humanidade. O autor refere ainda que muito antes do Renascimento, os desenhos já eram usados para projetar objetos, mas foi neste período da História que se experimentou um importante desenvolvimento dos desenhos como artifício de conceção de objetos mais complexos. Foi também nesta época que ocorreram os avanços do conhecimento técnico e científico, tendo sido lançadas as bases para aquilo a que hoje é chamado de engenharia. Assim, surgiram as primeiras experiências de projeto, iniciando-se o uso sistemático do desenho como principal ferramenta de pensar e representar o projeto.

3.2.Importância do projeto

A experiência mostra que a fase de projeto continua a ser descurada, sendo justificado pela necessidade de cumprimento de prazos e pela necessidade de haver um rápido retorno económico que minimize o investimento do empreendedor. Mas cabe aos projetistas e profissionais da área alertar os investidores para que um acréscimo de tempo e investimento financeiro na fase de projeto significa uma redução dos erros na construção, uma maior certeza no cumprimento dos prazos de execução, uma melhor qualidade do produto final, que conseqüentemente levará a uma menor discrepância no valor global

previsto para a obra e certamente um retorno financeiro que justificará uma maior atenção na fase de projeto.

A capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento vai diminuindo à medida que as fases de concepção de uma obra vão avançando, facto que está ilustrado na Figura 34, elaborada pelo Construction Industry Institute - CII⁶.

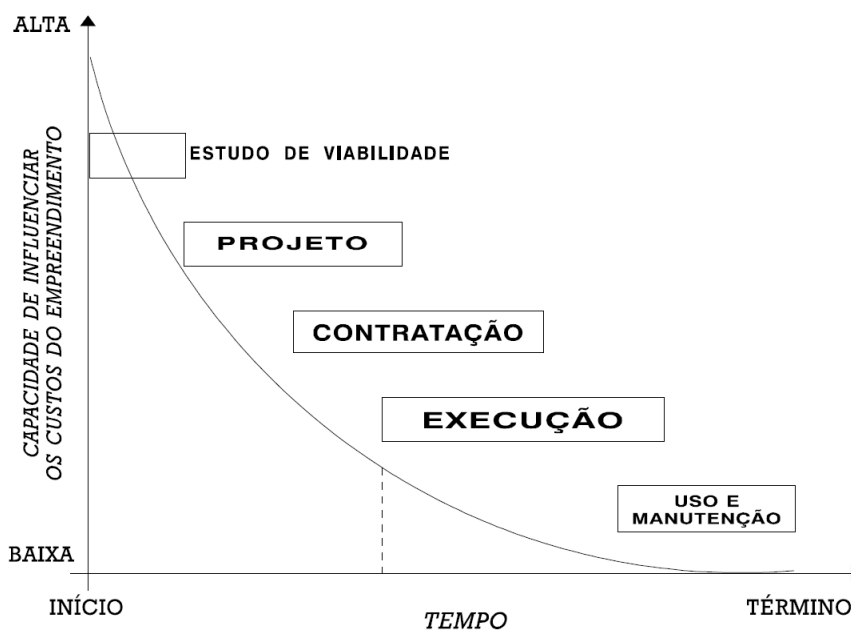


Figura 34 - Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento ao longo das suas fases, (reproduzido de CII, 1987).

Nas etapas iniciais, as decisões de projeto podem ser exaustivamente consideradas, avaliadas e alteradas sem que isso acarrete custos significativos para o investidor. Na Figura 35 é possível observar que, ao contrário da capacidade de influenciar o projeto que diminui com o avançar das etapas, os custos dessas eventuais necessidades de alteração vão aumentando, chegando ao ponto de pequenas intervenções significarem custos elevados, levando o dono de obra a repensar a necessidade dessas alterações, podendo, em caso de não as efetuar, levar a uma menor qualidade do produto final.

O conteúdo de um projeto deve ser o mais abrangente possível, permitindo a verificação, coordenação, identificação dos processos e métodos construtivos, além da especificação, qualificação e quantificação de todos os elementos que constituem a obra. Deverá incluir

⁶ O Construction Industry Institute é uma entidade norte-americana, localizada em Austin, Texas, que congrega diversas empresas do setor da construção, que tem como missão melhorar a relação custo/eficácia de todo o ciclo de vida de um projeto, desde os estudos prévios à execução em obra.

ainda informações relativas aos meios estratégicos, físicos e tecnológicos necessários à sua execução.

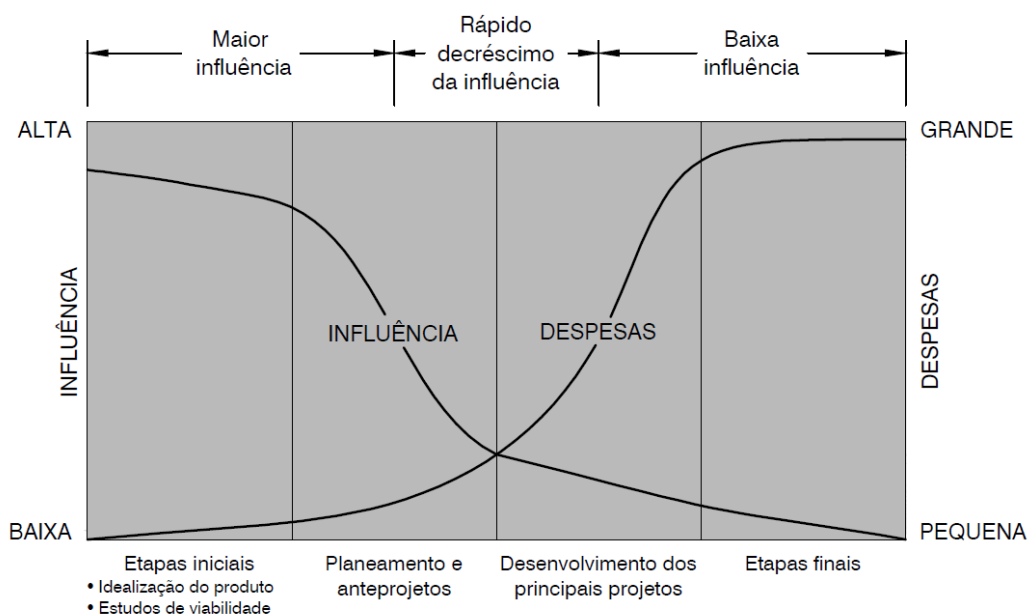


Figura 35 - Possibilidade de influenciar o projeto ao longo das suas fases, (reproduzido de Bagatelli, 2002).

3.3.Coordenação de projetos

3.3.1. A EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO

A falta de racionalização observada em grande número de obras é normalmente explicada pela existência de um distanciamento entre o projeto e a execução, que acaba sendo uma consequência da forma como o setor da construção evoluiu nos últimos 30 anos (Graziano, 2003). Segundo relata o mesmo autor, em meados dos anos 60, época em que ocorreu uma grande demanda imobiliária, começaram a aparecer os gabinetes especializados em arquitetura, estruturas e instalações, e em que esses profissionais, para além de trabalharem na mesma empresa, ocupavam-se de projetar e construir, fazendo com que a coordenação fosse feita de forma natural no decorrer dos trabalhos. Essa forma de trabalhar proporcionava aos técnicos das diversas áreas conhecimentos comuns, quer no que diz respeito à construtibilidade⁷, quer no que diz respeito às necessidades das demais especialidades envolvidas no projeto.

⁷ O Construction Industry Institute define construtibilidade ("constructability") como sendo "O uso otimizado do conhecimento das técnicas construtivas e da experiência nas áreas de planeamento, projeto, contratação e da operação em campo para se atingir os objetivos globais do empreendimento".

Com o passar dos anos, os profissionais atrás referidos tenderam a dedicar-se apenas a um dos lados do processo, à vertente de projeto ou à vertente da execução da obra. Isso levou a que os projetistas ficassem distanciados daquilo que projetavam, levando à perda do elo de ligação entre os participantes e, conseqüentemente, a altos índices de desperdício na atividade construtiva. Só em meados dos anos 80 é que algumas empresas começaram a perceber que existia a necessidade de efetuar uma compatibilização dos projetos, começando então nessa altura a aparecer os coordenadores e equipas de projeto, trazendo um acréscimo dos custos de elaboração de projeto (Graziano, 2003). Embora a necessidade de coordenar e compatibilizar projetos seja originada pelo distanciamento acima referido, existem outros motivos que o justificam na atualidade, tais como a especialização cada vez maior das diferentes áreas de projetos, a criação de equipas de trabalho situadas em diferentes regiões e até países, e o número crescente de soluções tecnológicas que são utilizadas nos variados projetos.

3.3.2. PRINCÍPIOS E OBJETIVOS DA COORDENAÇÃO DE PROJETOS

A coordenação de projetos é uma prática que deve ser integrada pelos principais agentes envolvidos no processo de projeto desde as etapas iniciais, a fim de assegurar a qualidade e integridade de todas as informações.

Uma das definições que se pode dar à coordenação de projetos foi apresentada pelo MIT⁸, a qual diz que a coordenação de projetos representa o ato de gerenciar interdependências entre atividades. A coordenação envolve diversos intervenientes que executam atividades interdependentes, procurando alcançar os seus objetivos, e essa análise inclui a decomposição desses objetivos, a alocação de recursos, a tomada de decisão em grupo, a comunicação e a perceção comum dos objetivos (Syan & Menon, 1994).

A coordenação de projetos é entendida como uma atividade que dá suporte ao desenvolvimento dos projetos. O objetivo principal passa por garantir que os projetos sejam elaborados de forma a atender aos objetivos do empreendimento, proporcionando à fase de execução a qualidade e eficiência esperadas.

⁸ Massachusetts Institute of Technology – Centro universitário de educação e pesquisa privado, localizado em Cambridge, Massachusetts, nos Estados Unidos.

Franco (1992) define os princípios e objetivos mais relevantes da coordenação de projetos:

PRINCÍPIOS

- definição clara e precisa dos objetivos e parâmetros do projeto;
- definição de todas as partes que devem constituir o projeto;
- qualificação dos profissionais de projeto e de serviços de apoio;
- elevado conhecimento tecnológico;
- processo baseado na racionalização e elaboração do projeto;
- padronização de procedimentos de gestão e de elaboração do projeto;
- elevada integração projeto/produção;
- definição de metodologias sistemáticas de avaliação e de troca de informação relativa ao projeto.

OBJETIVOS

- garantir a perfeita comunicação entre todos os intervenientes no processo de projeto;
- garantir a comunicação e a troca de informações entre os diversos integrantes do empreendimento;
- garantir a comunicação e a integração entre as diversas fases do empreendimento;
- coordenar o processo de forma a solucionar as interferências entre as partes do projeto elaboradas pelos distintos projetistas;
- garantir a coerência entre o produto projetado e o modo de produção, com especial atenção para a tecnologia do processo construtivo utilizado e que se enquadre na cultura construtiva da empresa;
- conduzir as decisões a serem tomadas no desenvolvimento do projeto;
- controlar a qualidade das etapas de desenvolvimento do projeto, de forma que este seja executado em consonância com as especificações e requisitos previamente definidas (incluindo custos, prazos e especificações técnicas).

As várias atividades requeridas até à entrega do produto final ao cliente podem ser representadas em forma de fluxograma (Figura 36), tendo sido proposto por Farooq (1997) e adaptado por Bubshait, Farooq, Jannadi, & Assaf (1999).

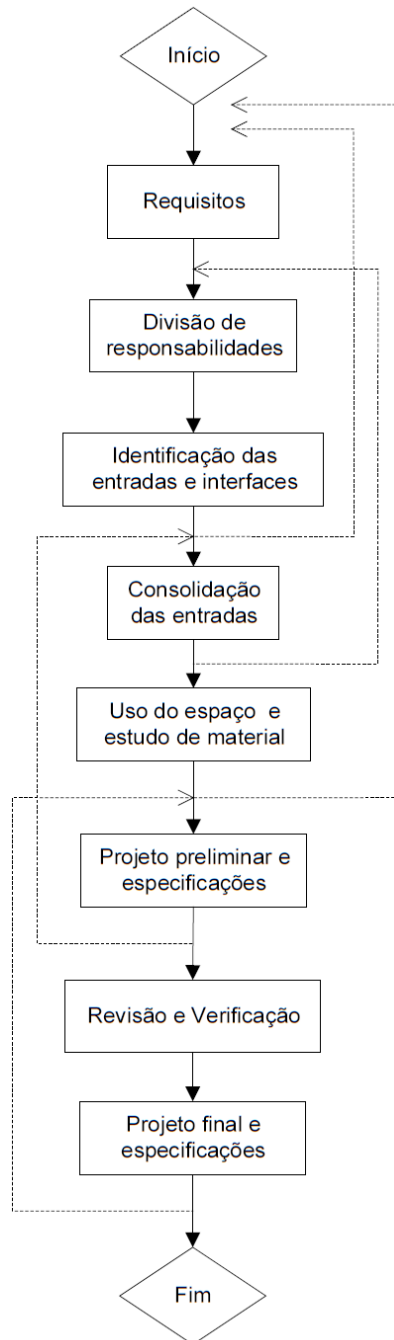


Figura 36 - Fluxograma de planeamento do processo de projeto, (reproduzido de Bubshait et al., 1999).

Para que o processo se desenvolva de modo a permitir a obtenção do melhor produto final possível, de entre as atribuições previstas para a coordenação de projetos está a de promover reuniões entre os diversos intervenientes de forma periódica e com a frequência

requerida em cada uma das fases que compõem a etapa de projeto e a de efetuar o levantamento de dados preliminares aos projetos de execução, assim como durante a produção e uso do edifício (Novaes & Franco, 1997).

As reuniões de coordenação têm como função principal, procurar a compatibilidade entre as várias soluções adotadas nas diversas especialidades e em cada fase do projeto, sendo importante que cada projetista apresente o seu trabalho com um nível de pormenorização adequado à fase em estudo.

Numa fase posterior, na fase de produção, as reuniões de coordenação visam adaptar os projetos às eventuais alterações e complementos impostos pela realidade produtiva e de manutenção.

3.3.3. ENQUADRAMENTO LEGAL

A construção em Portugal foi acusando ao longo dos anos uma falta de organização no planeamento e execução das obras, que se foi refletindo em atrasos na conclusão e em discrepâncias entre os valores previstos para a execução e o valor final da obra. Assim, tornou-se necessário regulamentar o papel do coordenador de projeto e a obrigatoriedade deste estar presente em qualquer projeto de licenciamento de edificações realizado. Os deveres e qualificações exigidos a um coordenador de projeto estão consagrados em Diário da República⁹, na Lei n.º 31/2009, de 3 de Julho.

3.3.4. A EQUIPA DE PROJETO

A equipa de projeto é formada por profissionais de diversas áreas e especialidades que, trabalhando em equipa, serão os responsáveis pela elaboração dos projetos que irão compor a produção do empreendimento. Assim, a equipa de projeto tem como função fornecer ao promotor um conjunto de projetos e especificações que permitam a obtenção da qualidade prevista para o produto final, dentro dos limites orçamentais e dos prazos propostos.

Costa (1995) refere que uma equipa de projeto deve ser organizada de uma forma hierárquica de modo a garantir um circuito de decisão eficaz. Segundo o autor, numa situação ideal, a equipa de projeto é composta por:

⁹ Jornal oficial da República Portuguesa.

- DONO DA OBRA / CLIENTE / PROMOTOR

Este interveniente é aquele que dá início a todo o processo. A sua posição é no topo da hierarquia; deve ser encarado como um membro de voz ativa nas decisões de projeto e deverá estar envolvido permanentemente em todo o seu desenvolvimento. Não deverá ser alguém que apenas impõe limites orçamentais, deixando as decisões para os projetistas, com base na confiança ou experiência que os mesmos apresentam.

- COORDENADOR

Assume uma posição fulcral neste processo. É ele que tem a função de realizar a ligação entre o dono da obra e os diversos intervenientes na equipa. Terá que esclarecer o dono da obra, em linguagem acessível, relativamente às questões e decisões técnicas que lhe sejam colocadas e, por outro lado, auxiliá-lo a entender as diversas vertentes das soluções construtivas que lhe são apresentadas, de modo que as suas decisões e orientações sejam completas e conscientes das implicações que delas resultam.

É igualmente o responsável pela definição do modo de funcionamento da equipa de projeto, calendarizações da obra e controlo dos diversos projetos envolvidos.

- ARQUITETOS, ENGENHEIROS (CIVIS, ELETROTÉCNICOS E MECÂNICOS)

São os responsáveis pela elaboração dos diversos projetos de especialidades, dentro das orientações que serão transmitidas pelo coordenador. Poderão ter associados outros especialistas, para apoio em campos particulares do seu projeto específico (comportamento térmico e acústico, segurança contra incêndios, fundações especiais, paisagismo, etc.), os quais deverão ser envolvidos o mais cedo possível no processo, de modo a que os condicionalismos que possam advir das suas especialidades sejam imediatamente tomados em conta pelos restantes intervenientes.

- MEDIDORES ORÇAMENTISTAS

São os responsáveis pela determinação das quantidades dos diversos materiais e trabalhos que compõem a construção do edifício e os custos previsíveis. A atividade destes intervenientes raras vezes se desenrola ao longo de todo o processo, sendo, em geral, contratada na fase de conclusão dos projetos. Este facto provoca nas fases iniciais do processo uma falta de informação rigorosa sobre o nível dos custos provável, sendo que, a

sua presença desde o início possibilita um maior controlo sobre eventuais desvios orçamentais, podendo-se então proceder a correções e/ou alterações das soluções projetadas.

De uma forma esquemática, pode-se representar uma equipa de trabalho multidisciplinar de acordo com a Figura 37.

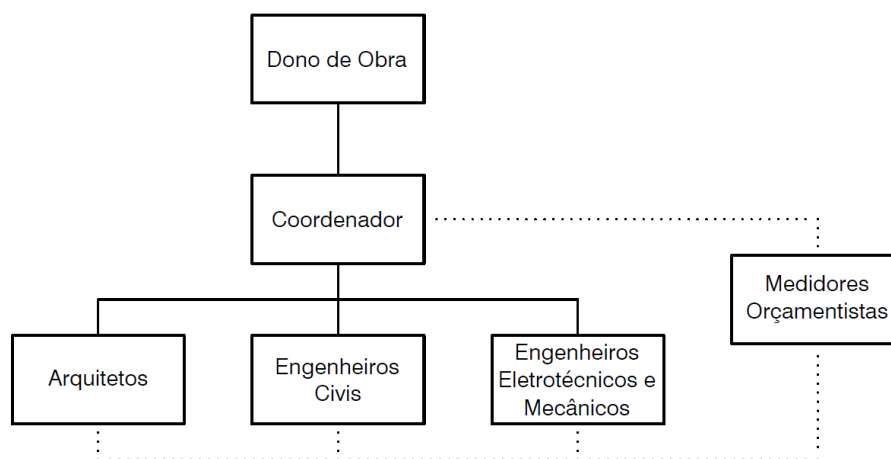


Figura 37 - Organização de uma equipa de projeto multidisciplinar, (reproduzido de Costa, 1995).

3.3.5. O COORDENADOR DA EQUIPA DE PROJETO

Na estrutura de uma equipa de projeto, o papel do coordenador assume uma importância vital, pois é o interlocutor privilegiado do dono da obra, orientando um conjunto de atividades que deverão ser agregadas num todo coerente e adaptado aos objetivos a atingir com o empreendimento.

Em Portugal é comum atribuir esse papel ao arquiteto, embora essa escolha por vezes possa suscitar algumas dúvidas, devidas à formação desses profissionais poder incidir mais em vertentes artísticas em detrimento das componentes construtivas. Contudo, essa escolha pode ser justificada pelo facto de, no desenvolvimento de um projeto de um edifício, em particular de um edifício de habitação, a arquitetura ser a especialidade onde todas as outras se encontram, em que algumas dessas especialidades poderão influenciar-se mutuamente mas todas influenciarão as opções arquitetónicas do edifício (Costa, 1995).

A importância deste tema, cada vez mais assumida e reconhecida por todos os intervenientes no processo, resultou numa atualização da Legislação Portuguesa em relação aos deveres e qualificações dos Coordenadores de Projeto. Assim, foi publicado em Diário da

República, constituindo a Lei n.º 31/2009, de 3 de Julho, o texto apresentado abaixo, que define claramente as qualificações e deveres de um coordenador de projeto.

«Coordenador de projeto» o autor de um dos projetos ou o técnico que integra a equipa de projeto com a qualificação profissional exigida a um dos autores, a quem compete garantir a adequada articulação da equipa de projeto em função das características da obra, assegurando a participação dos técnicos autores, a compatibilidade entre os diversos projetos e as condições necessárias para o cumprimento das disposições legais e regulamentares aplicáveis a cada especialidade e a respeitar por cada autor de projeto;

Deste modo, e embora a coordenação de uma equipa de projeto tenha as suas vantagens em ser assumida por um arquiteto, deverão sempre ser tomados em conta a experiência e os conhecimentos que esta função irá exigir para o projeto em causa. Assim, perante os membros que constituirão a equipa de projeto, a escolha deverá ponderar todas estas questões e recair sobre a pessoa que detenha o perfil mais indicado para o projeto a realizar.

Segundo Franco (1992), as principais tarefas de um coordenador de projetos são:

- definir claramente os prazos e as etapas de trabalho que sejam aceites por toda a equipa;
- fazer um planeamento inicial e ter a capacidade de replanear ao longo do processo;
- organizar reuniões motivadoras;
- definir especificações para o projeto;
- decidir as questões de interface: entre os projetistas; com o empreendedor e com os órgãos públicos;
- fazer o controlo administrativo dos projetos;
- fazer o controlo técnico, através do conteúdo dos projetos.

3.3.6. PRINCIPAIS FALHAS NA COORDENAÇÃO DE PROJETOS

No caso da construção de edifícios de habitação e escritórios, o processo de coordenação de projetos é executado geralmente por comparação e sobreposição das plantas das

diversas especialidades. Mas não é só através de reuniões e comparações de plantas que se garante um nível de qualidade satisfatório para o projeto. Um planejamento global do processo, com um controle de informações e estabelecimento de responsabilidades, torna-se imperativo para a obtenção do sucesso.

Muitos dos problemas que se verificam em obra são decorrentes de situações que foram menosprezadas ou que não foram resolvidas durante a fase de projeto, podendo levar a uma desvalorização do trabalho dos projetistas e conseqüentemente à contestação da eficácia dos resultados provenientes da fase de projeto. É na fase de execução que as falhas existentes no processo de projeto transparecem e, como indicam Alarcón & Mardones (1998), esses problemas são essencialmente devidos a:

- baixa qualidade do projeto: os desenhos são em geral incompletos e não são explícitos, faltando um número elevado de especificações que, por serem difíceis de atribuir e detalhar, são muitas vezes ignoradas. Muitas vezes os documentos apresentam inconsistências, erros e omissões, ou simplesmente falta de clareza na apresentação. Isso implica que aqueles que devem dar seguimento ao trabalho não têm a necessária informação ou então possuem a informação errada para realizá-lo;
- falta de padrões nos projetos: não existe uma padronização dos projetos, não havendo também uma adequação do projeto à tecnologia existente. Em muitos projetos com características similares, ou então do mesmo tipo, os projetos são completamente diferentes, com a conseqüente perda de eficiência na fase de construção;
- falta de construtibilidade: grande parte dos problemas detetados durante a construção é devida à falta de construtibilidade dos projetos.

Os autores referem ainda que os detalhes não definidos nos projetos tornam-se problemas que têm que ser resolvidos pelo construtor em obra. Usualmente os problemas são detetados logo após o início de uma determinada tarefa ou então depois da mesma já ter sido executada. Os resultados são perdas de diversos tipos e magnitudes.

Os detalhes não definidos ou em falta, para além de provocarem os referidos problemas na execução, levantam a questão da responsabilidade pelos erros e omissões. Essa responsabilidade pode ser inculcada: ao dono da obra, se for este a disponibilizar o projeto ao empreiteiro; ao empreiteiro caso este tenha ficado com a obrigação de elaborar o projeto de execução (concurso de conceção-construção), exceto no caso de estes erros ou omissões resultarem dos elementos elaborados ou disponibilizados pelo dono da obra; a terceiros (projetistas, por exemplo), que são responsáveis perante o dono da obra ou perante o empreiteiro, quando fundada em título contratual, pelo incumprimento de obrigações de conceção. Estas responsabilidades estão descritas no Art.º 378 do CCP¹⁰.

Nas principais causas do fraco desempenho do processo de projeto na construção devem-se incluir também uma comunicação deficitária entre os intervenientes, ausência de documentação adequada, défice ou ausência de informação, falta de coordenação entre as várias especialidades, má distribuição dos recursos e erros nas tomadas de decisão (Tzortzopoulos & Formoso, 1999).

A gestão de fluxo de informações entre a equipa de projeto é a base para um bom desenvolvimento do processo de projeto, onde o principal recurso envolvido é a informação. O facto de haver várias especialidades envolvidas dá azo à existência de muitas decisões de projeto que são tomadas de forma independente, tornando a gestão de fluxo de trabalho entre os diversos especialistas importante, mas, ao mesmo tempo, difícil.

A troca de informações entre os membros da equipa de projeto é o combustível do projeto. Baldwin, Austin, Hassan, & Thorpe (1999) destacam alguns problemas relacionados com as informações na fase de projeto como sejam:

- o início de um projeto baseado em informações hipotéticas;
- a barreira ou recusa de troca de informações entre os membros da equipa de projeto;
- a previsão do impacto de mudanças de informações no projeto;
- a variação na qualidade das informações trocadas;
- a entrega de informações entre os diversos projetistas.

¹⁰ Código dos Contratos Públicos, publicado em Diário da República, constituindo o Decreto-Lei n.º 18/2008, de 29 de Janeiro.

3.4. Conclusões

Neste capítulo foi desenvolvido o conceito de projeto na sua total amplitude. A importância que o mesmo assume para o sucesso de um empreendimento foi igualmente analisada, mostrando que um maior investimento de tempo e esforço na fase de projeto resulta em ganhos gerais, quer a nível de tempo de construção, quer na maior facilidade de execução, mas também em menores desvios orçamentais.

Foi feita uma abordagem inicial à coordenação de projetos, definindo-a igualmente num contexto global de projeto, onde foram identificados os principais princípios e objetivos dessa atividade e a forma como a mesma deve ser desenvolvida. Foram também apresentados os intervenientes de uma equipa de projeto base, bem como os papéis a que cada um está sujeito.

Para finalizar o capítulo, foram descritos os principais problemas que são comuns encontrar na fase de compatibilização de projetos, dando origem a erros e omissões de projeto e conseqüentemente a erros na fase de execução.

4. COORDENAÇÃO DE PROJETOS EM EDIFÍCIOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

4.1. Considerações iniciais

As diretrizes que serão apresentadas têm como objetivos a obtenção da qualidade do edifício e a otimização dos recursos empregues na sua produção, quer sejam financeiros, físicos ou materiais.

O equilíbrio das soluções e das ações empreendidas na fase de projeto é o fator que provocará a solução ótima para cada situação, com vista ao nível de qualidade pretendido. Este facto remete-nos para os diferentes níveis de qualidade que são possíveis de serem alcançados, sendo a sua determinação relacionada com a exigência do público-alvo a que se destina o edifício. Assim, as decisões tomadas na fase de conceção devem ser coerentes e estar de acordo com o nível de qualidade pretendido, obtendo-se assim resultados compatíveis com a expectativa. Caso tal não se verifique, obter-se-á um produto final deficiente ou antieconómico para a classe à qual se destina (Rauber, 2005).

Como refere o mesmo autor, qualquer que seja o sistema construtivo adotado, para que seja possível obter na plenitude as suas vantagens, é necessário que o projeto seja idealizado desde o início considerando esse sistema, tornando-se imperativa a procura da maximização das suas potencialidades. Assim, no caso da adoção da alvenaria estrutural como solução construtiva, esta opção deverá ser definida desde o início, para que se obtenham todas as vantagens técnicas e económicas que levem à otimização, gerando um aumento de produtividade e redução de custos, sendo fundamental que todos os intervenientes na conceção do edifício conheçam as formas de potencializar as suas vantagens.

Importa referir que a análise que será feita neste capítulo refere-se ao sistema construtivo de alvenaria estrutural não armada. Como referido anteriormente, o Brasil é um país que tem este sistema muito bem implementado e tem processos construtivos bem definidos com vista a otimizar os resultados. Nesta solução existem particularidades que deverão subsistir e ser respeitadas com vista ao bom funcionamento da estrutura. Uma delas é garantir a coordenação modular, evitando cortar os blocos de alvenaria ou efetuar roços nos mesmos, pois essas são ações que deverão ser evitadas a todo o custo. Se estas particularidades forem respeitadas, é possível realizar a estrutura sem recurso a elementos em betão armado, tais como os pilares e as vigas. Por outro lado a alvenaria estrutural

confinada e a alvenaria estrutural armada podem ser realizadas com menores preocupações associadas à coordenação modular, porque os elementos de betão que lhes estão associados permitem uma maior flexibilização na realização de cortes e roços nos blocos, embora os mesmos sejam igualmente de evitar.

4.2. Condicionantes ao projeto de arquitetura

4.2.1. COORDENAÇÃO MODULAR

A coordenação modular é um procedimento absolutamente fundamental, para que um edifício em alvenaria estrutural não armada possa resultar quer ao nível da racionalização, quer ao nível económico.

O bloco de betão é o componente básico da alvenaria e será sempre definido por três dimensões principais indicadas na Figura 38: comprimento (C); largura (L); altura (A). O comprimento e a largura definem o módulo horizontal ou módulo em planta e a altura define o módulo vertical a ser adotado nas elevações.

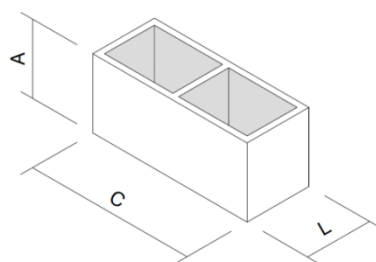


Figura 38 - Dimensões de um bloco de betão.

Assim, pode-se dizer que modular um espaço arquitetónico, ou pelo menos modular as paredes portantes desse espaço, significa acertar as suas dimensões em planta e também o pé direito da edificação, em função das dimensões das unidades de alvenaria, de modo a não necessitar, ou pelo menos reduzir drasticamente, cortes e ajustes necessários à execução das paredes. Se não houver uma especial atenção com a modulação, haverá lugar aos cortes e ajustes referidos anteriormente, logo serão necessários enchimentos e outros acertos que levarão a um maior custo e a uma racionalização menor para a obra a realizar. Esse custo elevado verifica-se não só em relação à mão-de-obra para a realização dos acertos propriamente ditos, mas também pelo efeito negativo no dimensionamento da estrutura como um todo. *“O facto de as paredes estarem trabalhando isoladas,*

consequência praticamente inevitável dos enchimentos, faz com que a distribuição das ações entre as diversas paredes de um edifício seja feita de forma a penalizar em demasia alguns elementos e conseqüentemente a economia do conjunto.” (Ramalho & Corrêa, 2003, p. 14).

– MODULAÇÃO HORIZONTAL

Para a análise da modulação, seja ela horizontal ou vertical, serão considerados as dimensões de um bloco de betão com 2 furos e o chamado meio bloco de apenas 1 furo. Quando se adota um determinado módulo, aqui designado por **M**, esse módulo refere-se ao comprimento real do bloco mais a espessura de uma junta, aqui designada por **J**. Assim, conforme é apresentado na Figura 39, o comprimento real de um bloco inteiro será $2\mathbf{M}-\mathbf{J}$ e o comprimento real do meio bloco será $\mathbf{M}-\mathbf{J}$. Considerando-se as juntas mais comuns, com cerca de 1 cm, temos que os comprimentos reais dos blocos serão os seus comprimentos nominais (20, 30, 40 cm, etc.) diminuídos de 1 cm (19, 29, 39 cm, etc.). Assim, as dimensões reais entre as faces dos blocos de um espaço, ou seja, sem considerar revestimentos, serão sempre determinadas pelo número de módulos e juntas que existam no intervalo (Ramalho & Corrêa, 2003).

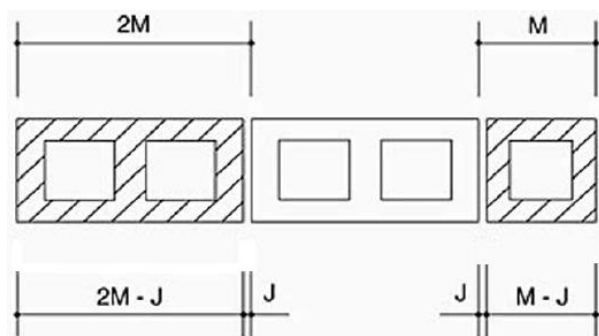


Figura 39 - Dimensões reais e dimensões nominais, (reproduzido de Ramalho & Corrêa, 2003).

Outro aspeto importante, apresentado na Figura 40, é o facto dos blocos que são colocados em cantos e bordos vizinhos, serem colocados de forma paralela ou perpendicular, sendo essas referências tomadas em relação a eixos orientados segundo o comprimento das unidades de alvenaria. Quando o número de módulos entre as faces das paredes é par, os blocos de canto apresentar-se-ão paralelos (Figura 40a); caso seja número ímpar, os blocos serão perpendiculares (Figura 40b).

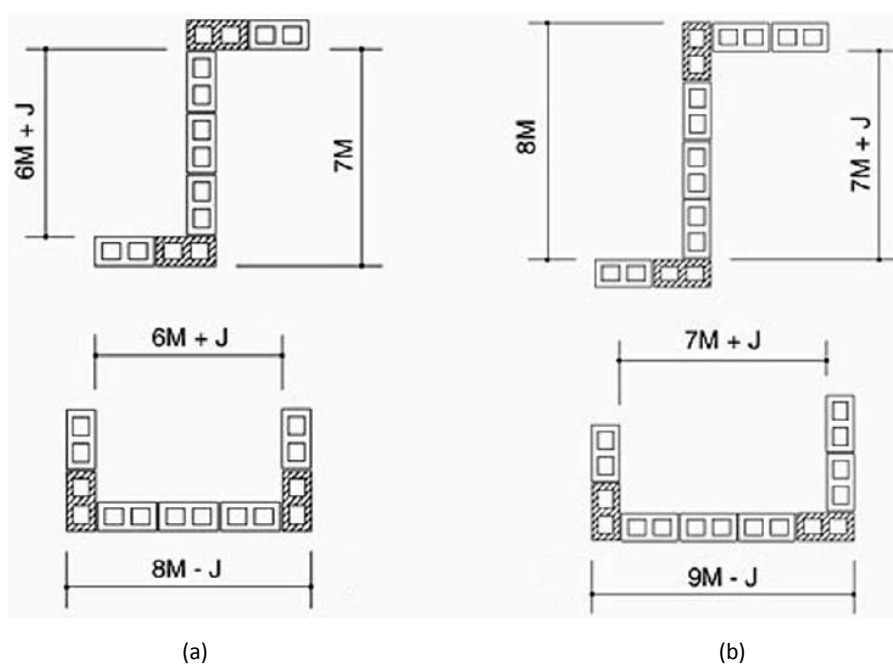


Figura 40 - Dimensões reais entre faces de blocos; (a) Colocação em paralelo dos blocos de canto; (b) Colocação na perpendicular dos blocos de canto, (reproduzido de Ramalho & Corrêa, 2003)

Com estas noções primárias apresentadas, já é possível definir o arranque das fiadas. As fiadas subsequentes devem levar em conta a preocupação de serem evitadas ao máximo as juntas contínuas na vertical. Portanto, essas fiadas seguintes devem ser definidas de forma a se conseguir a melhor encadeação possível entre os blocos, o que significa que deverá existir um desfasamento horizontal das fiadas de uma distância M , obtendo-se a situação que se apresenta na Figura 41. Na vista em alçado, efetuou-se o preenchimento dos blocos de canto para melhor destacar o seu posicionamento.

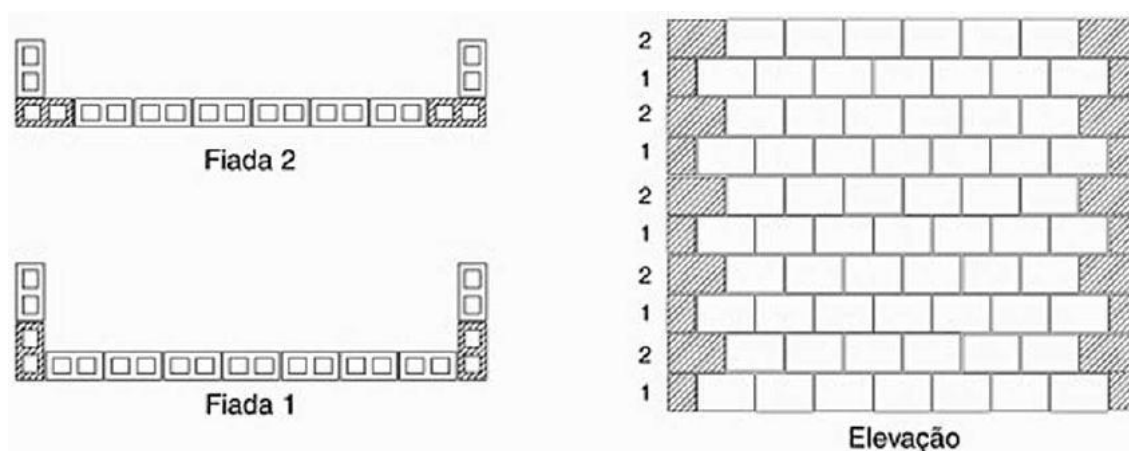


Figura 41 - Representação das fiadas 1 e 2 e da elevação de uma parede sem juntas na vertical, (reproduzido de Ramalho & Corrêa, 2003).

– MODULAÇÃO VERTICAL

A modulação vertical, regra geral, não é condicionante ao arranjo arquitetônico, existindo duas formas de realizar essa modulação. A primeira, que se apresenta na Figura 42, é aquela em que a distância modular é aplicada do piso ao teto. Neste caso, as paredes de extremidade terminarão com um bloco tipo “J”, que tem uma das suas laterais com uma altura maior que a convencional, de modo a servir de cofragem à laje. Já as paredes internas terão a sua última fiada composta por blocos canaleta comuns. Importa ressaltar que o bloco tipo “J” é assim identificado pela geometria que apresenta, não tendo qualquer associação com a dimensão J, que representa a dimensão de uma junta.

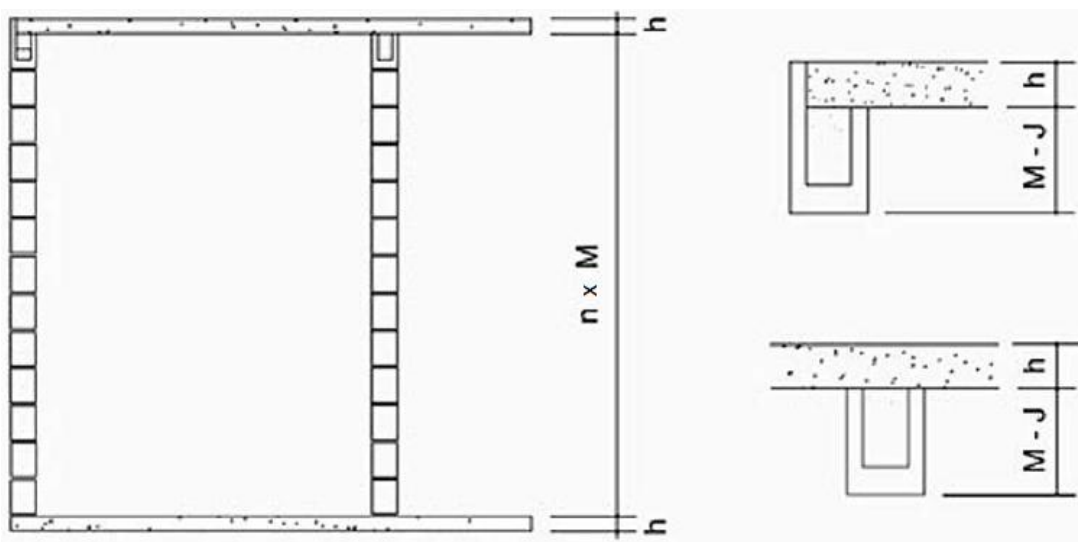


Figura 42 - Modulação piso a teto, (reproduzido de Ramalho & Corrêa, 2003).

Em casos em que não se pretenda adotar os blocos tipo “J” como solução para as paredes de extremidade, poderão ser utilizados blocos canaleta normais, mas terá que ser colocado um elemento de cofragem auxiliar que possibilite a betonagem da laje (Figura 43). A segunda possibilidade de modulação vertical consiste na aplicação da distância modular de piso a piso. Em termos de execução, esta possibilidade de modulação é semelhante à anterior, com a diferença de que a última fiada (último módulo) engloba a espessura da laje, conforme pode ser observado na Figura 44. A adoção de uma destas formas de modulação vertical visa tirar partido dos elementos de alvenaria existentes no mercado, pois, caso a mesma não seja tida em conta, torna-se necessário proceder a acertos no topo da parede

com betão ou com outras unidades de alvenaria sujeitas a cortes, tendo um efeito negativo e imediato na produtividade na obra.

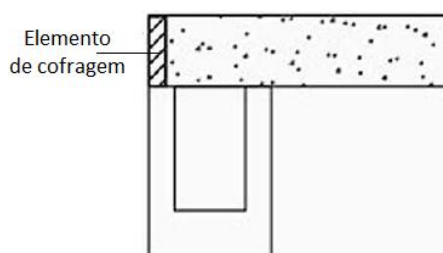


Figura 43 - Parede externa sem bloco "J", (reproduzido de Ramalho & Corrêa, 2003)

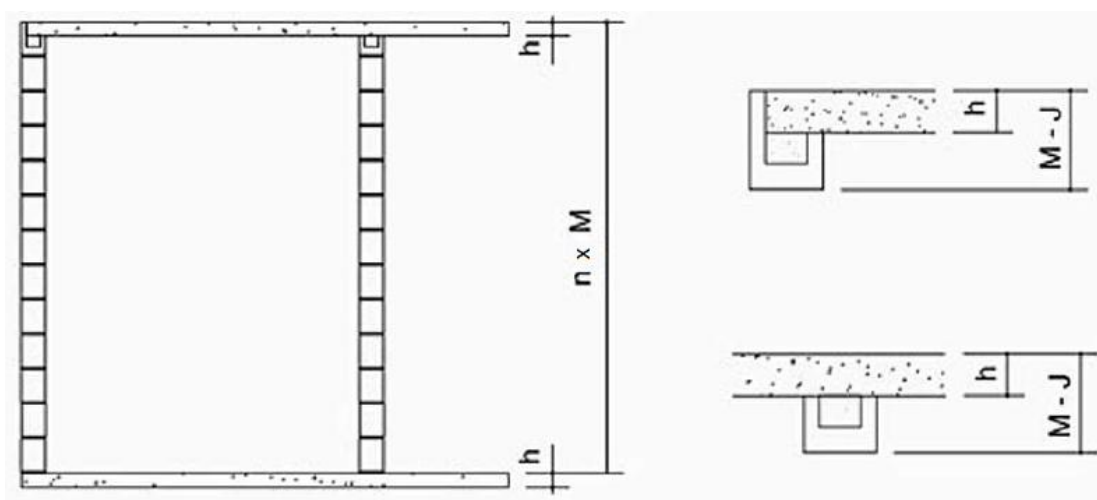


Figura 44 - Modulação piso a piso, (reproduzido de Ramalho & Corrêa, 2003)

4.2.2. GEOMETRIA DO EDIFÍCIO

No projeto de arquitetura, a geometria de um edifício é condicionada sobretudo pela sua função, que decorre da necessidade da distribuição interna dos espaços. Assim, a forma do edifício vai determinar a distribuição das paredes, sobretudo daquelas com função estrutural.

Do ponto de vista estrutural, pode-se dizer que quanto mais robusto for um edifício maior será a sua capacidade de resistir aos esforços horizontais, principalmente aos esforços provocados pela ação do vento. A robustez de um edifício é função de sua volumetria. Na Figura 45 pode-se observar o efeito que a relação entre a forma e a altura provoca na robustez do prédio.

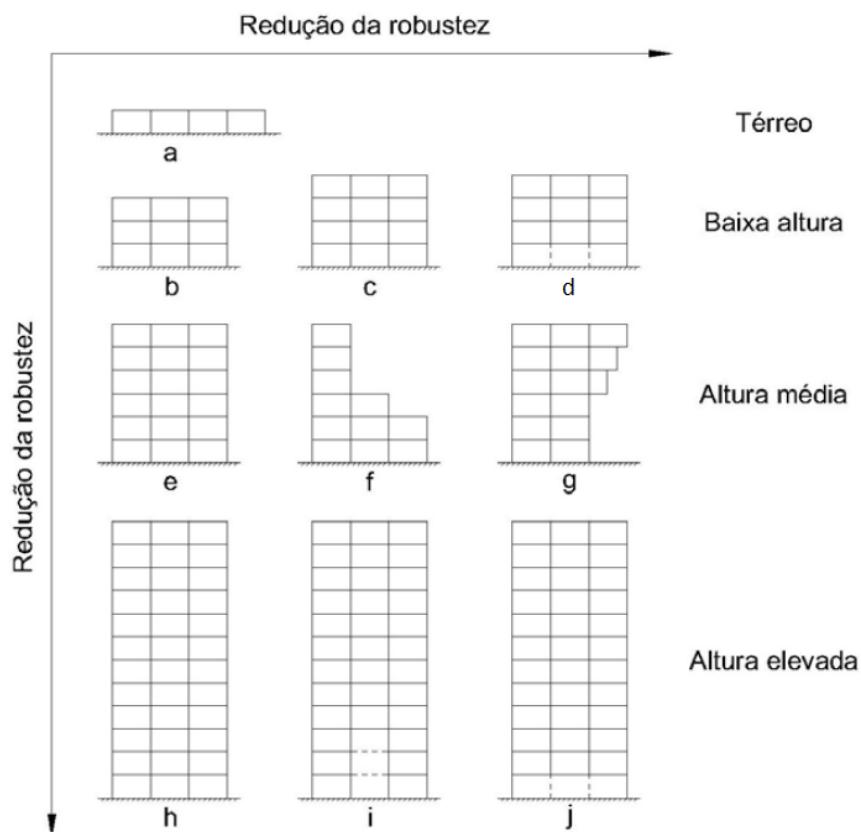


Figura 45 - Efeitos da forma e altura na robustez do edifício, (reproduzido de Rauber, 2005)

A Tabela 1 apresenta algumas relações dimensionais, na qual são indicados parâmetros ideais e toleráveis visando o aumento da robustez do conjunto.

Tabela 1 - Relações recomendadas entre as dimensões de um edifício, (reproduzido de Rauber, 2005).

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

Ao analisar a Figura 45 e a Tabela 1 verifica-se que nas soluções mais baixas, conseqüentemente mais robustas, a influência do vento é pequena. Conclui-se também que, no que à robustez diz respeito, quando a relação entre o comprimento e a largura tende para 1 e a relação entre a largura e a altura é igual ou inferior a 1, o edifício tende para a

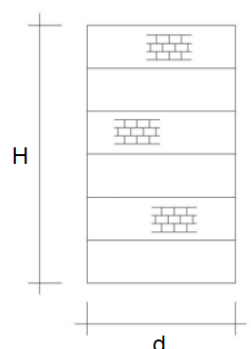
forma ideal, contudo é possível explorar outras formas, sobretudo em edifícios de pequeno porte, sem colocar em risco a segurança da estrutura (Rauber, 2005).

4.2.3. DIMENSÃO E DISPOSIÇÃO DAS PAREDES

Gallegos (1988), citado por Rauber (2005), propõe uma forma simples de estimar a quantidade de metros lineares de parede em alvenaria estrutural necessários para um edifício, sendo um ponto de partida para a verificação da estrutura segundo as regras do EC6. Assim, um edifício que tenha sido estruturalmente otimizado, deverá ter no mínimo 4,2% da área total construída, em metros lineares (ml) de parede resistente em cada direção (longitudinal e transversal). Por exemplo, um edifício de 5 pisos, em que cada um deles tenha 250 m², perfazendo um total de 1250 m² de construção, necessita de 52,5 ml de parede resistente em cada direção para estar estruturalmente otimizado. Esta recomendação visa assegurar uma certa uniformidade dos esforços laterais nas paredes.

O mesmo autor refere que, uma parede resistente para ter um bom desempenho estrutural deverá ter uma relação entre a sua altura total no edifício e o seu comprimento, dentro dos intervalos indicados na Tabela 2.

Tabela 2 - Relações entre altura total e comprimento das paredes resistentes, (reproduzido de Rauber, 2005).



Situação	Relações
Ideal	$2 \leq H/d \leq 4$
Aceitável	$1 < H/d < 2$ ou $4 < H/d \leq 5$
Má	$H/d < 1$ ou $H/d > 5$

A distribuição das paredes em planta deverá ser cuidadosamente estudada, sendo que, num bom projeto de arquitetura, essa distribuição deve garantir que uma parede resistente atua como elemento estabilizador de outra. A distribuição feita pelo projetista deverá considerar as duas direções, a fim de garantir a estabilidade do edifício às ações horizontais. Arranjos em conformações do tipo I, C e T, ilustrados na Figura 46, conferem maior

estabilidade à estrutura. As escadas e os poços de elevadores podem ser explorados para a obtenção de rigidez lateral (Roman, Mutti, & Araújo, 1999).

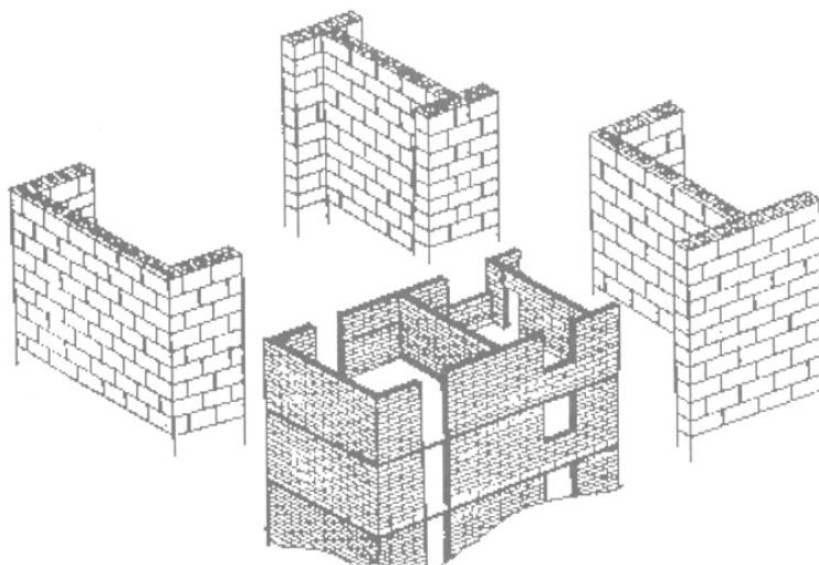


Figura 46 - Arranjos de paredes que conferem maior estabilidade à estrutura, (reproduzido de Ramon et al., 1999).

4.2.4. JUNTAS DE CONTROLO

A função das juntas de controlo passa por limitar as dimensões de um painel de alvenaria, a fim de evitar elevadas concentrações de tensão decorrentes da variação volumétrica, de origem higroscópica e térmica, dos elementos que compõem o painel. Quando existam painéis contíguos que apresentem solicitações diferenciadas, as juntas de controlo podem ser usadas para desvincular esses painéis, evitando possíveis fissuras. Na Figura 47 é possível verificar a aplicação de uma junta de controlo.



Figura 47 - Junta de controlo em execução, (reproduzido de Santos M. D., 2004).

Uma boa definição das zonas onde é necessária a aplicação de uma junta de controlo é um dos aspetos de maior importância, na prevenção de eventuais patologias na edificação.

Rauber (2005) recomenda a utilização das juntas de controlo preferencialmente:

- onde há variação brusca na altura da parede (Figura 48a);
- onde há variação da espessura da parede (Figura 48b);
- próximo de interseções de parede em I, C e T (Figura 48c).

O afastamento entre juntas de controlo depende de diversos fatores, entre os quais: as propriedades dos componentes; o tipo de argamassa; fatores climáticos; carregamentos; condições de exposição das paredes; etc..

A espessura das juntas de controlo é usualmente de 10 mm, a fim dessa mesma junta não ser evidenciada, tornando-a semelhante a uma junta de argamassa.

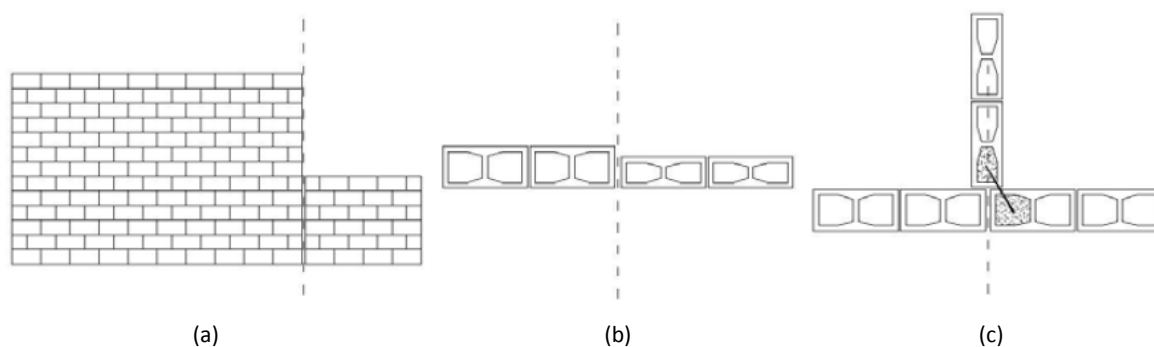


Figura 48 - Exemplos de juntas de controlo, (reproduzido de Rauber, 2005).

4.2.5. JUNTAS DE DILATAÇÃO

Ao contrário das juntas de controlo que intercetam apenas os painéis de parede, as juntas de dilatação intercetam todos os elementos estruturais (vigas, lajes, paredes, etc.) e têm igualmente como função absorver os movimentos da estrutura provenientes sobretudo dos efeitos da variação térmica.

O EC6 (p. 134) não recomenda uma espessura mínima para as juntas de dilatação, referindo apenas que *“As juntas de dilatação devem ser suficientemente largas para permitir os movimentos esperados; as juntas não devem conter materiais sólidos, e se necessário, o paramento exterior deve ser acabado com um selante flexível.”*

Na Figura 49 é possível ver a aplicação de uma junta de dilatação.



Figura 49 - Junta de dilatação em execução, (reproduzido de Santos M. D., 2004).

4.3.Coordenação de projetos

4.3.1. VANTAGENS E DESVANTAGENS DE UM PROJETO RACIONALIZADO

Projeto racionalizado é aquele em que o grupo de projetistas envolvido preocupa-se em resolver os mais variados detalhes inerentes à execução da obra, existindo uma forte interação entre eles e uma grande preocupação em resolver as interferências entre a arquitetura, a estrutura e as diversas instalações. Daí resulta um projeto bem elaborado e com grande nível de pormenorização das soluções construtivas. Em projetos não racionalizados, geralmente a compatibilização entre as várias especialidades que compõem um edifício é feita durante a execução da obra, não sendo raro essa compatibilização ser feita, instantes antes da realização de determinada tarefa, pela própria entidade executante. Pode-se igualmente assumir que quanto mais pequeno for o edifício a executar, menores cuidados tendem a existir no processo de projeto.

Os projetos de alvenaria estrutural têm a necessidade de serem mais completos e compatibilizados devido a não serem permitidos quaisquer quebras ou roços nas paredes estruturais, sendo que os mesmos só podem ser definidos após a modulação das paredes e a definição das instalações.

Com base no anteriormente descrito, podem ser destacadas algumas vantagens de um projeto racionalizado (Parsekian & Junior, 2003):

- maior probabilidade de que as escolhas feitas sejam as melhores possíveis para a situação em estudo;

- análise sistemática da obra por parte de um grupo de pessoas que têm um conhecimento específico na sua área de atuação;
- o produto resultante tende a ser mais detalhado, minimizando ou evitando soluções improvisadas durante a execução;
- melhor cumprimento dos prazos de execução da obra e melhor controlo de custos.

O facto de se racionalizar um projeto acarreta também algumas desvantagens, mas que, no cômputo geral, acabam sendo mitigadas pelas vantagens atrás referidas.

Os mesmos autores destacam assim as seguintes desvantagens:

- maior tempo para a fase de projeto, devendo ser iniciado numa fase bem anterior a execução;
- maior custo do projeto;
- exige uma postura ativa dos projetistas no conhecimento e pormenorização das soluções construtivas, exigindo também uma grande interação entre eles;
- as alterações a um projeto bem detalhado são mais difíceis de serem realizadas, pois quando as variáveis envolvidas na pormenorização dos projetos são grandes, uma pequena mudança no conceito do projeto acarreta modificações a vários níveis.

4.3.2. DADOS INICIAIS DO PROJETO E INTERCÂMBIO DE INFORMAÇÕES

No sistema de alvenaria estrutural existe uma grande interdependência entre os vários projetos necessários para uma obra, como sejam os projetos de arquitetura, de estruturas e das diversas instalações, pois a parede além de possuir uma função estrutural é também um elemento de vedação (paredes cortina), podendo conter os elementos de qualquer uma das instalações necessárias. Assim, é na fase da coordenação de projetos que o projetista de estruturas deverá optar pelo modelo de cálculo final que melhor represente a estrutura, considerando a sua interação com os demais projetos. Logo o projeto deverá ser pensado e racionalizado como um todo (Camacho, 2006).

Luiten & Tolman (1997) propõem um sistema de *Entradas, Processamento e Saídas* durante a produção de um empreendimento de construção, que se divide em duas

atividades de transformação e em alguns fluxos de conhecimento e informação. Na Figura 50 pode-se observar de forma esquemática como se desenvolve esse sistema.

A primeira atividade é a transformação de informações (*Entradas*) em projetos e programação de obra (*Saídas*). Consideram-se elementos de entrada: os requisitos do cliente, os procedimentos da empresa e informações gerais da construção, aliado ao conhecimento e experiência. A segunda atividade engloba a transformação dos materiais (*Entradas*) no produto final – edificação (*Saídas*). Como entradas têm-se: projetos, programação de obra e os materiais. São gerados como saída, conhecimentos de construtibilidade que retroalimentam a primeira etapa de transformação. Para finalizar, a fase de uso do produto também gera conhecimento sobre desempenho da edificação que igualmente retroalimenta a primeira etapa da transformação.

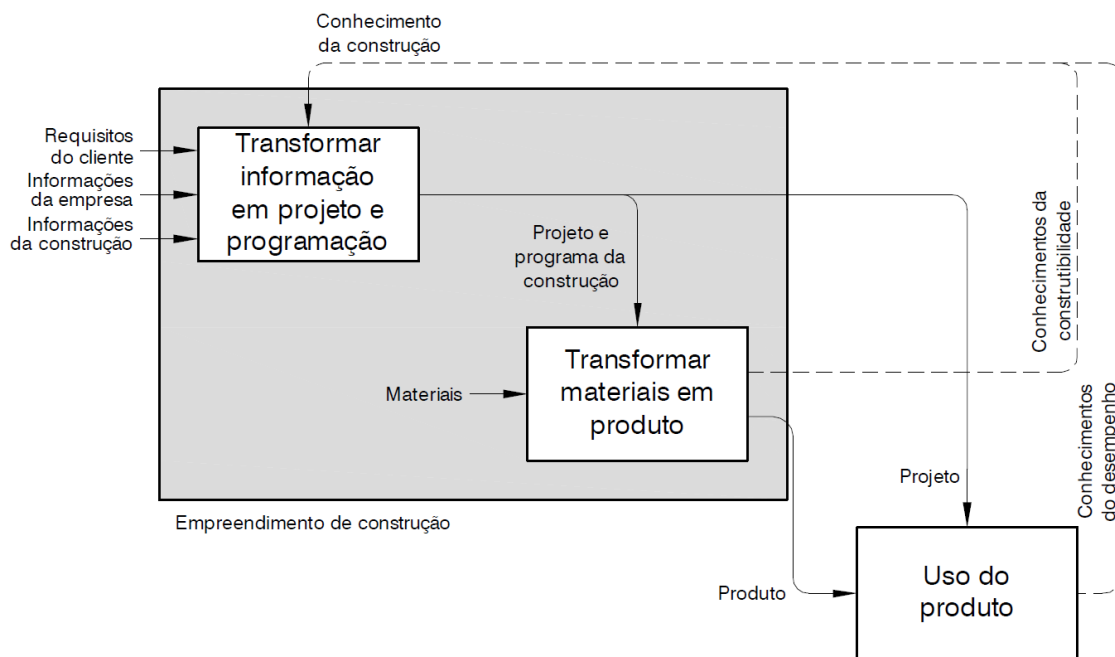


Figura 50 - Sistema de Entradas, Processamento e Saídas durante a produção de um empreendimento de construção, (reproduzido de Luiten & Tolman, 1997).

Torna-se importante destacar o planejamento da atividade de projeto de modo a que sejam criadas condições para se definirem as responsabilidades técnicas e critérios de controle, com o objetivo de obter uma maior qualidade do projeto. Assim, o processo de organização do projeto deve assegurar o planejamento do projeto, a identificação das entradas de informação e as das suas interfaces.

Ohashi (2001) propõe um fluxograma de informações para a estruturação do projeto e implementação do sistema de coordenação de projetos de alvenaria estrutural, para os casos em que um dado empreendimento não foi inicialmente previsto como sendo em alvenaria estrutural, ou seja, foi concebido o projeto de arquitetura sem haver uma decisão quanto ao tipo de solução estrutural a aplicar, mas que após a aprovação do mesmo pela entidades camarárias, foi decidido que a solução a adotar seria em alvenaria estrutural. Como já foi abordado anteriormente, um edifício que se queira realizado em alvenaria estrutural deve ser pensado desde o início com esse tipo de estrutura, pois os condicionalismos são vários. Para o caso apresentado em que o projeto não foi pensado inicialmente dessa forma, necessariamente terá que sofrer alterações, de modo a que possa ser utilizada a alvenaria estrutural como solução.

O autor referido divide o processo em 4 etapas fundamentais:

1ª Contacto inicial

É nesta primeira etapa que se dá o contacto entre o cliente e o gabinete de projetos de estruturas, onde o cliente apresenta aos projetistas o projeto de arquitetura já aprovado pela entidade camarária;

2ª Conceção

Nesta fase dá-se a adaptação do projeto de arquitetura, pois o projeto não foi inicialmente pensado para ter solução em alvenaria estrutural. Assim, iniciam-se os contactos com o arquiteto responsável pelo projeto original, onde se procuram encontrar soluções que agradem a ambas as partes, no que às dimensões dos espaços diz respeito, devido principalmente às espessuras das paredes que não foram projetadas para serem estruturais. Uma modulação preliminar é feita sobre a arquitetura, com a definição das paredes estruturais e das paredes cortina. Após os projetistas de estruturas chegarem a acordo com o arquiteto, o projeto é apresentado ao cliente para a sua aprovação;

3ª Anteprojeto estrutural

Após a aprovação por parte do cliente, passa-se à elaboração do anteprojeto da estrutura com a definição da modulação final. Também são definidas a demarcação das linhas gerais da obra e as cargas atuantes, sendo posteriormente enviados esses dados para o projetista das fundações, que poderá pertencer ao gabinete de estruturas.

O anteprojeto é igualmente enviado para os projetistas das diversas instalações, a fim de serem identificadas possíveis incompatibilidades e para que os mesmos possam realizar os respetivos anteprojetos;

4ª Projeto de execução

Após as fundações e as instalações estarem igualmente definidas, procede-se à pormenorização final da estrutura para posterior envio do projeto de execução para a obra.

O processo atrás descrito pode ser observado em forma de fluxograma na Figura 51.

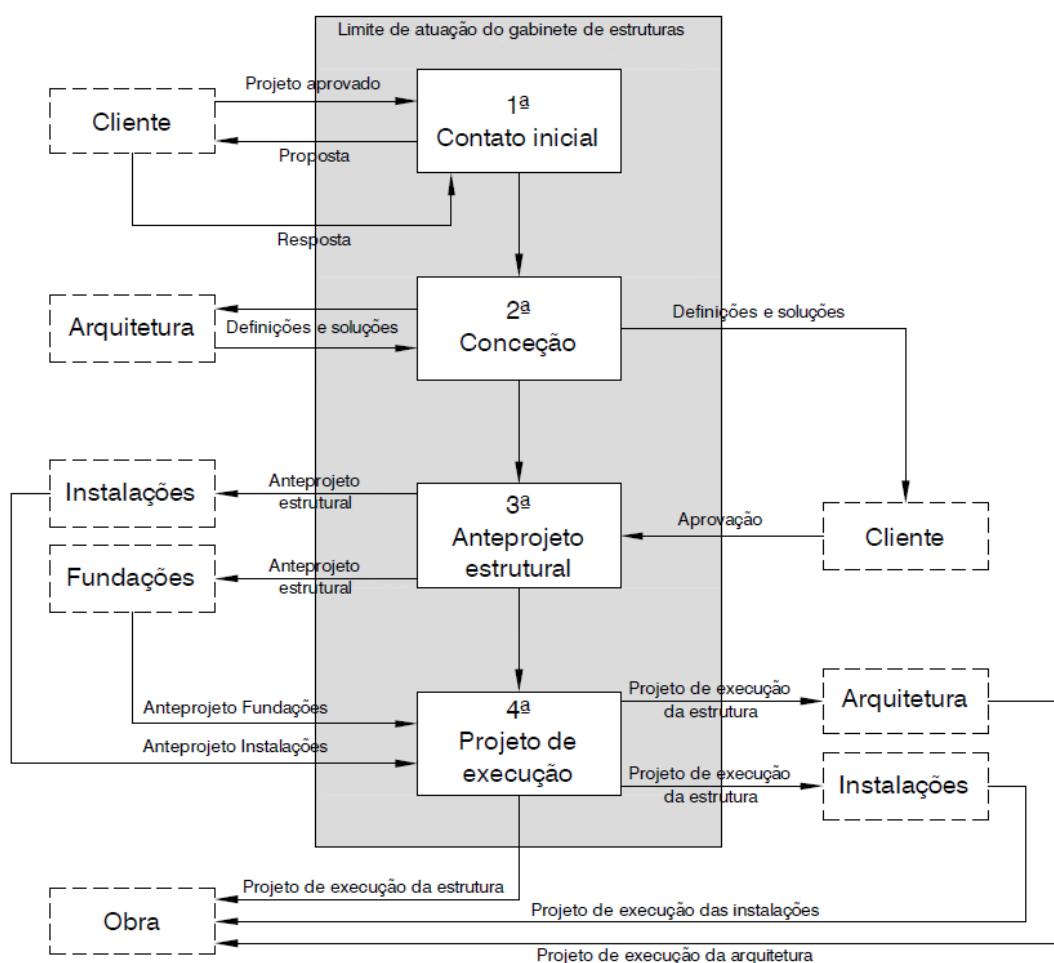


Figura 51 - Fluxograma de informações para a estruturação do processo de projeto em alvenaria estrutural, (reproduzido de Ohashi, 2001).

4.3.3. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

4.3.3.1. PROJETO DE ALVENARIA

Vencidas as fases iniciais, onde são definidas as características gerais da edificação, procede-se ao refinamento das decisões. Estas devem ser tomadas com o devido rigor, uma

vez que influenciarão definitivamente a construtibilidade da edificação, sobretudo o seu desempenho ao longo da vida útil. Para ajudar a uma melhor visualização das soluções adotadas e verificar se a modulação escolhida coincide com as dimensões dos espaços, é aconselhável a elaboração de uma maquete onde seja possível observar o posicionamento dos blocos bem como as zonas de ligação entre eles (Figura 52).

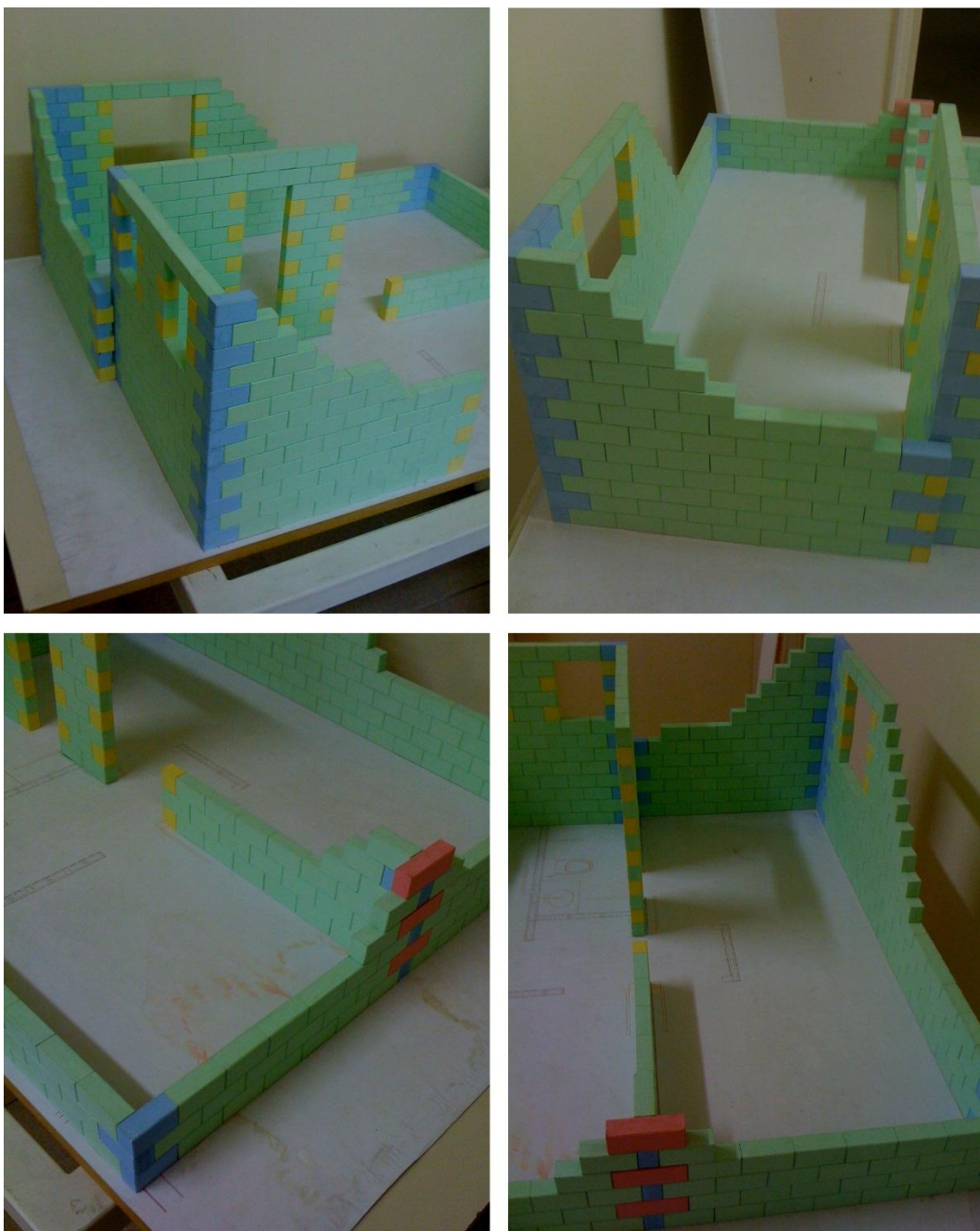


Figura 52 - Maquete de um projeto em alvenaria estrutural.

A modulação (vertical e horizontal) é parte muito importante na racionalização obtida na alvenaria estrutural. É a partir dela que o projetista deve pormenorizar as alvenarias, gerando as plantas de primeira e segunda fiadas, bem como a representação das elevações de todas as paredes. Nas pormenorizações das elevações deverão ser identificadas as posições de cada bloco, os preenchimentos de blocos com calda de cimento, as vergas, contravergas, armaduras, aberturas, terminais hidráulicos e elétricos, etc.. Na Figura 53 e na Figura 54 pode-se ver uma planta da 1ª fiada e uma da 2ª fiada respectivamente, e na Figura 55 um exemplo de uma parede em alçado.

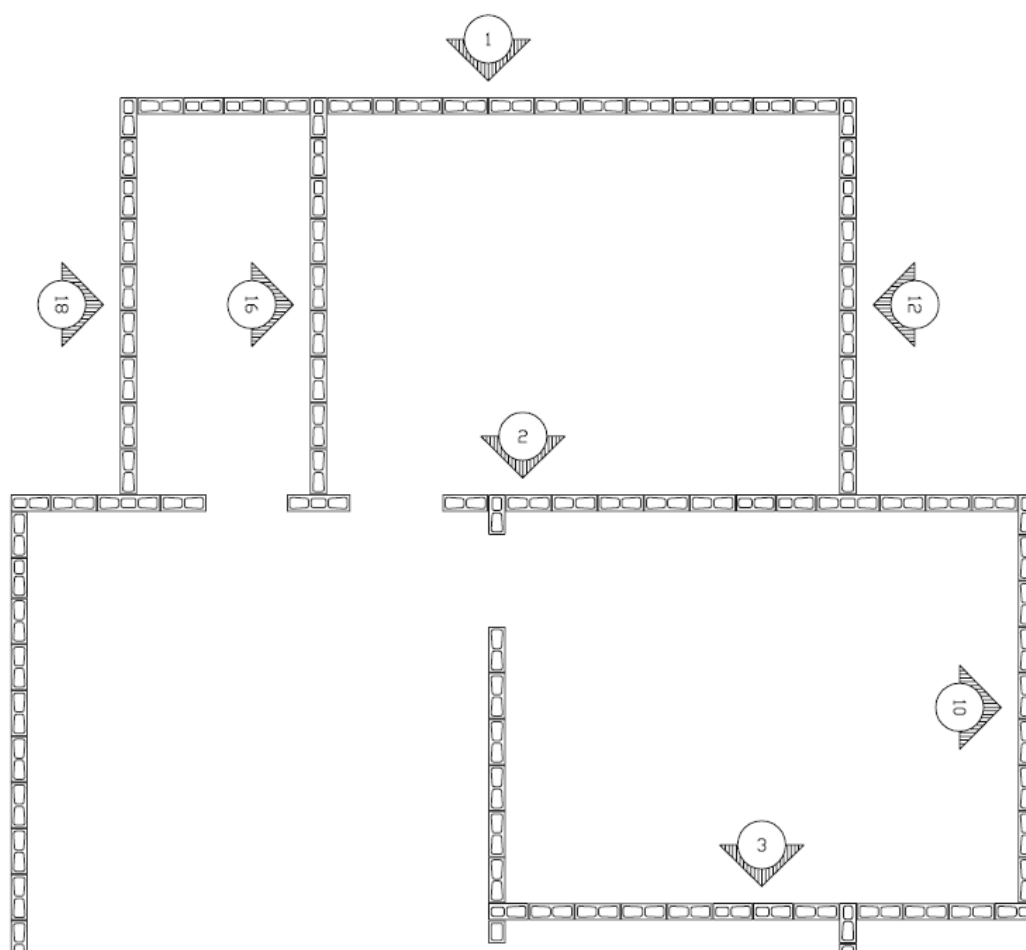


Figura 53 - Planta da 1ª fiada, que define o arranque dos blocos com a respectiva identificação das vistas das elevações, (reproduzido de Leal, Alvarenga, Seron, Oliveira, & Santos, 2009).

A compatibilização do projeto de alvenaria com o projeto de arquitetura é feita com o recurso a ferramentas CAD¹¹. A verificação de incompatibilidades é feita com a sobreposição

¹¹ CAD – Do inglês Computer Aided Design, é o nome genérico de sistemas computacionais utilizados pelas diversas engenharias, para facilitar a elaboração de projetos e desenhos técnicos.

das plantas das diferentes especialidades, onde é feita uma análise detalhada às possíveis interferências entre as mesmas.

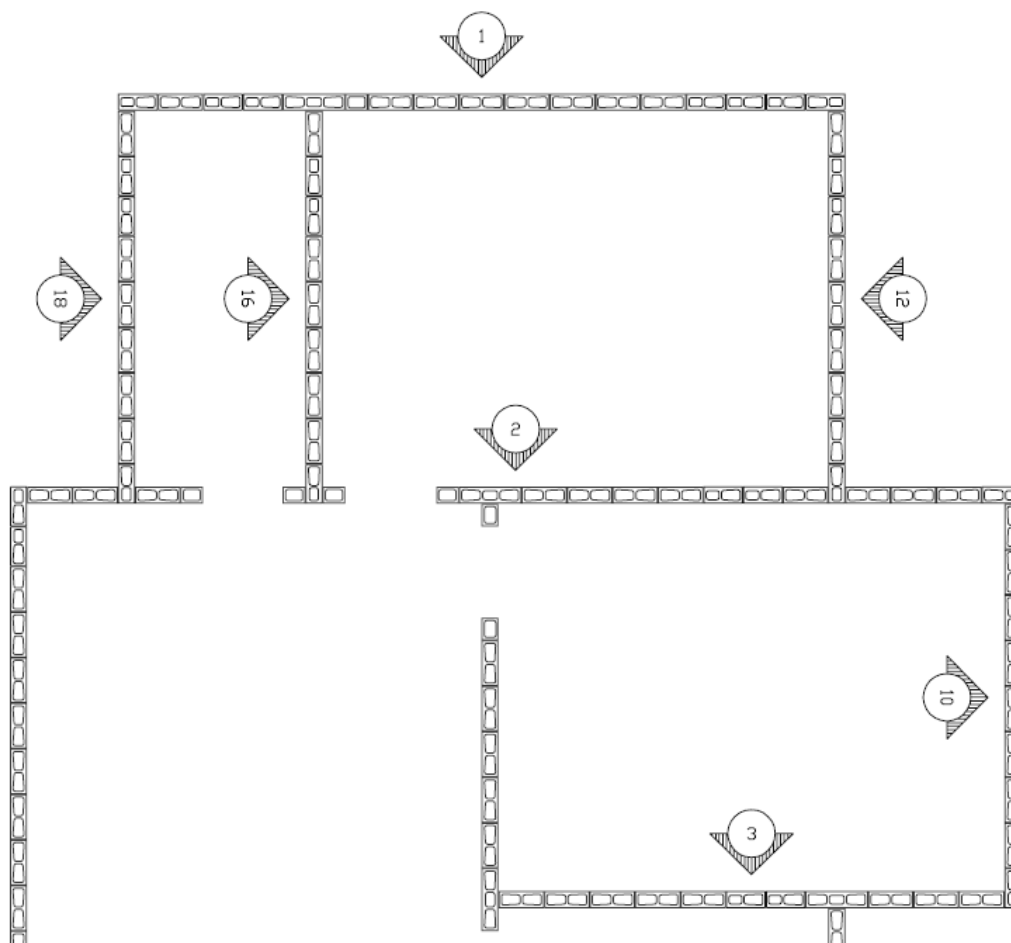


Figura 54 - Planta da 2ª fiada, que define o segundo nível dos blocos de alvenaria com respectiva identificação das vistas das elevações, (reproduzido de Leal et al., 2009).

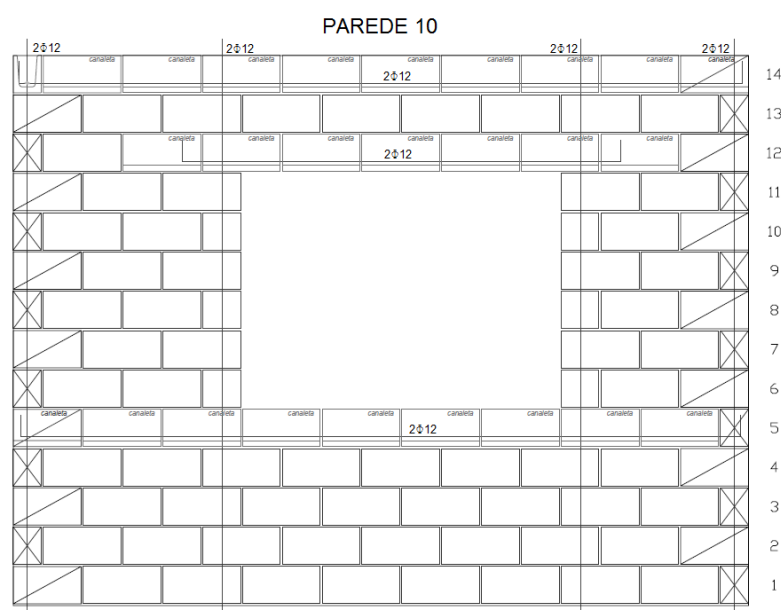


Figura 55 - Vista em alçado de uma parede, (reproduzido de Leal et al., 2009).

Para a compatibilização entre o projeto de alvenaria estrutural e os restantes projetos, os principais itens a serem analisados são:

- espessuras dos blocos de alvenaria / espessuras das paredes pré-definidas na arquitetura - Na generalidade dos casos, as espessuras das paredes no projeto de arquitetura não coincidem com as espessuras indicadas no projeto de alvenaria estrutural. Dado que algumas das paredes serão consideradas como estruturais e outras como cortina, a divergência na espessura das paredes terá de ser compatibilizada;
- dimensão dos espaços - A compatibilização das espessuras das paredes poderá levar a um desajuste das medidas inicialmente previstas para os compartimentos. A compatibilização deverá ser feita de forma a garantir que as dimensões dos espaços obedeçam à modulação horizontal;
- vãos de portas e janelas - Deverão ser consideradas as dimensões dos vãos e folgas necessárias para a instalação da caixilharia. Devido às dimensões usuais das aberturas não obedecerem ao módulo adotado pelo projeto de alvenaria estrutural, é necessário proceder-se ao ajuste das dimensões dos vãos, que poderá ser feito, por exemplo, com blocos compensadores ou com enchimento de argamassa de betão;
- previsão de negativos nas lajes - Para uma maior racionalização aquando da betonagem da laje, o projetista deve prever os negativos para a passagem dos tubos de esgoto dos diversos equipamentos sanitários e ralos de pavimento;
- espessuras das lajes - Existe a tendência para os arquitetos definirem uma espessura tipo para as lajes, que poderá diferir daquela proposta pelo projetista da alvenaria estrutural. Após determinação da altura necessária para cada laje, a mesma deverá ser corrigida nos projetos, de modo a que a modulação vertical possa ser corretamente efetuada. Dadas as implicações e a simplicidade desta definição, esse valor deverá ser transmitido aos restantes membros da equipa de projeto logo no início dos trabalhos;
- localização de condutas verticais (coretes) - As passagens das tubagens verticais têm que ser definidas nesta fase para serem previstas as aberturas necessárias nas lajes, bem como para definir a solução a adotar para a vedação dessas mesmas condutas, que poderá ser em paredes de alvenaria, ou em materiais

leves, como por exemplo, o gesso cartonado. Na Figura 56 observa-se uma zona reservada a corete ainda por fechar, e onde pode-se também identificar a abertura na laje para a passagem das tubagens;

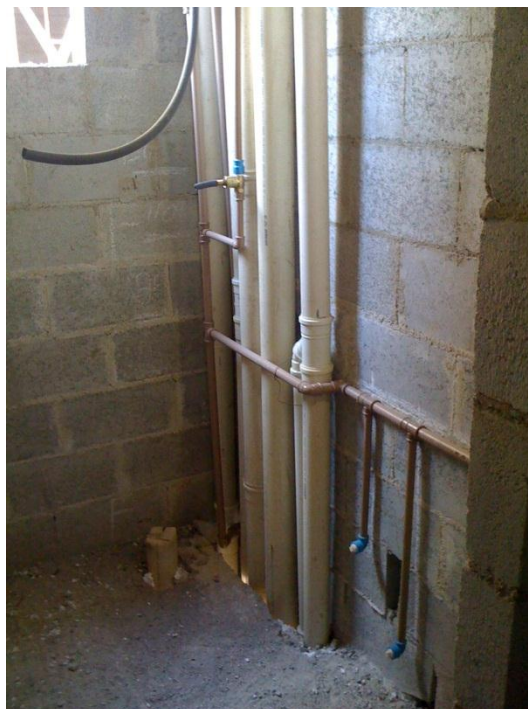


Figura 56 - Zona destinada à corete.

- localização das escadas - É importante definir se as escadas serão moldadas no local ou se serão utilizados elementos pré-fabricados (solução muito frequente no Brasil). A escolha de pré-fabricados implica, em geral, que alguns dos blocos laterais à escada tenham que ser preenchidos com betão de modo a servirem de suporte à escada. Para isso é importante representar essa parede em alçado, com a identificação dos blocos que deverão ser preenchidos com betão (Figura 57). Observa-se na Figura 58, a solução correntemente adotada no Brasil, que passa pela aplicação de buchas diretamente aos elementos de alvenaria.

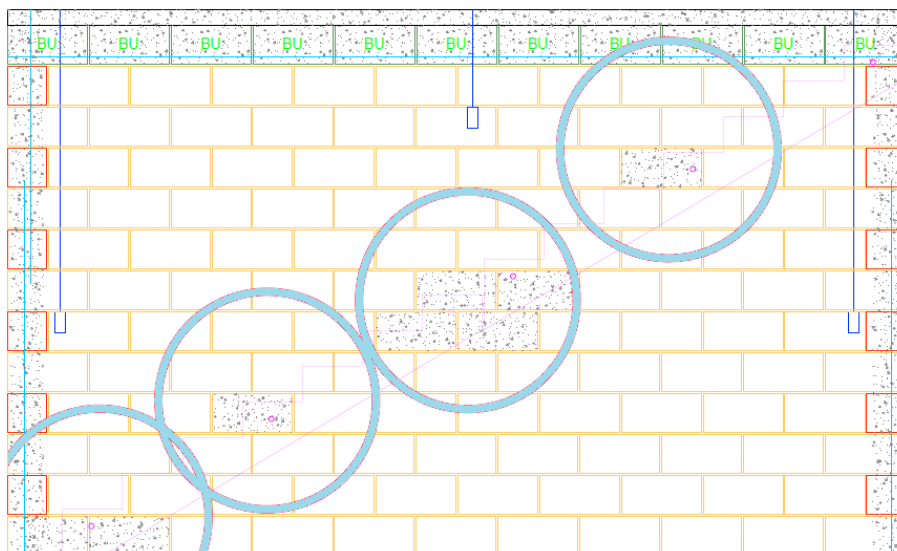


Figura 57 - Representação da parede que servirá de suporte à escada, com identificação dos blocos a preencher, (reproduzido de Faria, 2007)



Figura 58 - Fixação com buchas, da escada pré-fabricada.

4.3.3.2. PROJETO DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

O grande problema da passagem de tubagens em alvenaria estrutural está associado às instalações hidráulicas. Enquanto para as instalações que tenham que ver com eletricidade, ITED¹² ou gás, o problema é facilmente ultrapassável por envolver tubos de diâmetro reduzido, as redes hidráulicas, por outro lado, apresentam diâmetros consideráveis. Além disso, apresentam riscos associados a derrames, que no caso de uma eventual necessidade de intervenção na rede hidráulica por essa razão, implicará certamente cortes nas paredes

¹² ITED - Projeto da rede de infraestruturas de telecomunicações em edifícios.

para ter acesso aos tubos. Tal situação colocará a segurança da estrutura em risco, sendo que uma solução recomendável para estes casos é a execução das chamadas paredes hidráulicas (Figura 59) que, não sendo estruturais, têm a função de embutir toda a canalização referente a um determinado espaço (Accetti, 1998).

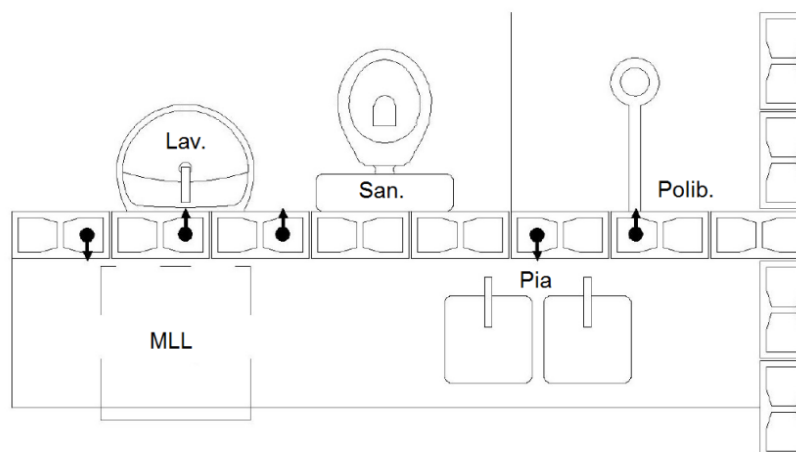


Figura 59 - Paredes hidráulicas, (reproduzido de Rauber, 2005).

Assim, é de todo importante que, aquando da definição das paredes estruturais, o projetista esteja consciente das zonas onde serão necessárias as passagens da canalização de modo que possa prever essas paredes sem função estrutural.

No caso de haver necessidade de passar algum tubo numa parede estrutural, e sendo ela uma passagem vertical, o mesmo pode passar nos vazios existentes no bloco ou em bloco próprio para o efeito (Figura 60). Caso seja horizontal, existem blocos preparados que permitem que o tubo possa passar na parede sem prejudicar significativamente a sua capacidade estrutural (Figura 61).



Figura 60 - Blocos hidráulicos preparados para tubagens verticais¹³.

¹³ Catálogo “Grupo Tavares - Blocos hidráulicos”.

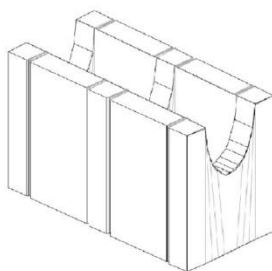


Figura 61 - Bloco hidráulico preparado para tubagens horizontais, (reproduzido de Accetti, 1998).

Outra forma de ultrapassar o problema da passagem de tubos, é através da utilização de blocos de menor espessura nas zonas onde estes passam, como é possível observar na Figura 62.



Figura 62 - Utilização de blocos de menor espessura, para passagem da rede hidráulica, (reproduzido de Rauber, 2005).

Quando se tratem de tubos de queda que atinjam diâmetros consideráveis, é preferível a opção por coretes pois permitem uma melhor organização, sendo que as mesmas poderão ser acessíveis ou não.

Quando se proceda à compatibilização entre os diversos projetos, as principais situações relativas às instalações hidráulicas que devem ser observadas são:

- posicionamento dos terminais dos equipamentos sanitários - Torna-se necessário verificar se os pontos de abastecimento de águas e os pontos de esgoto se encontram posicionados corretamente em relação aos equipamentos (lavatórios, sanitas, bidés, máquinas de lavar, etc.);
- localização das caixas de distribuição - Dado as caixas de distribuição de águas possuírem dimensões razoáveis, é importante definir adequadamente a sua

localização, as quais deverão situar-se nas anteriormente referidas paredes hidráulicas, sendo que, nessa zona, deverão ser utilizados blocos com uma largura inferior aos restantes, de modo a que fiquem embutidas nas paredes;

- verificação do posicionamento das coretes - Como existem acertos entre o projeto de arquitetura e o projeto de alvenarias, é imperativo que se verifique o posicionamento dos tubos de queda, bem como a correta localização das coretes, que deverão ter dimensão suficiente para a passagem dos tubos. É recomendável que se faça uma pormenorização dos tubos de esgoto que irão passar na corete, para obter a dimensão necessária para a passagem das tubagens (Figura 63). A não verificação desta situação pode provocar a necessidade de novas aberturas nas lajes, bem como o fecho de outras que foram realizadas em zonas que se revelaram desnecessárias (Figura 64);

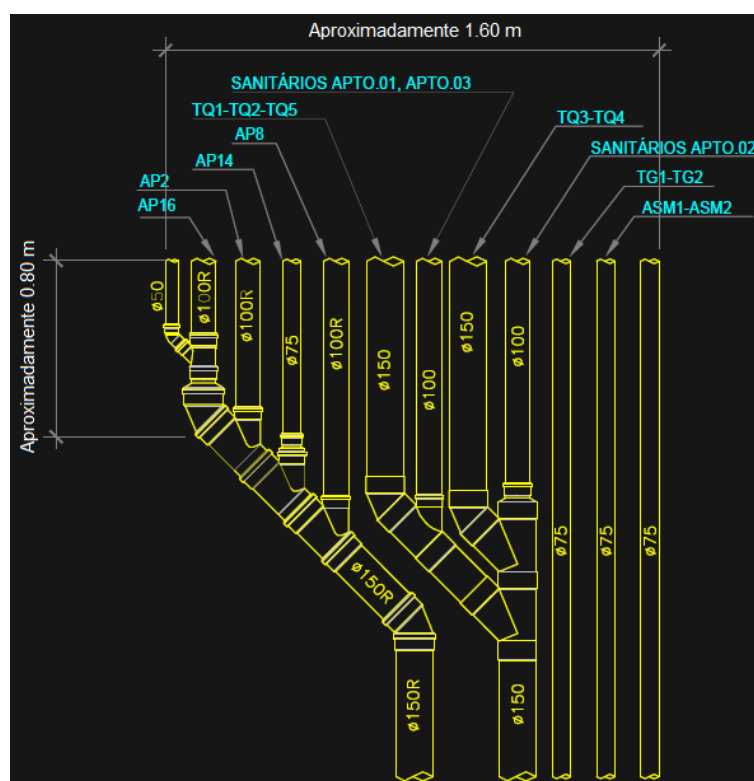


Figura 63 - Vista frontal dos tubos de esgoto, (reproduzido de Faria, 2007).

- colunas de ventilação - Prever as colunas para a ventilação necessária às instalações sanitárias e às cozinhas, elaborando pormenorizações das saídas das

mesmas na cobertura, evitando assim um errado posicionamento dos tubos em relação às coretes, que podem levar a eventuais furos adicionais nas lajes;



Figura 64 - Negativo que terá que ser fechado, por uma deficiente compatibilização entre as coretes definidas no projeto de arquitetura e as definidas no projeto das instalações hidráulicas, (reproduzido de Sousa, 2010).

- incompatibilidades com a laje - No caso de se adotarem lajes fungiformes aligeiradas, os sifões e os tubos de esgoto dos equipamentos sanitários, não devem entrar em conflito com as nervuras das lajes (Figura 65); Para este tipo de laje, é recomendável que se escolha as zonas das lâminas de compressão para embutir os acessórios sanitários, porque ao contrário das nervuras que são zonas maciças em toda a altura da laje e com grande concentração de armadura, na zona das lâminas de compressão existem vazios imediatamente abaixo da lâmina, que facilitam a passagem dos tubos e acessórios;

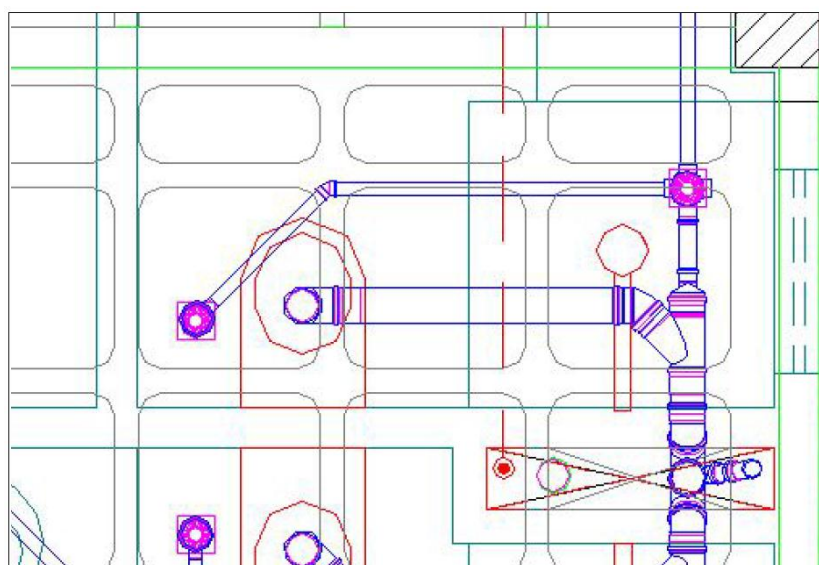


Figura 65 - Sifão e coluna de ventilação em conflito com as nervuras da laje, (reproduzido de Sousa, 2010).

- conflitos vários - Outros exemplos de conflitos que surgem são: o posicionamento de pontos de esgoto coincidentes com pontos de luz, seja nas paredes ou nos tetos; tubos de queda embutidos nas paredes, que no piso inferior encontram-se alinhados com portas ou janelas; tubos de AVAC¹⁴ de diâmetro considerável que podem provocar a necessidade de implementar um teto falso ou o seu rebaixamento caso exista, por sobreposição com os tubos de esgoto; reservatórios de abastecimento de água que não são previstos na planta da cobertura e que posteriormente entram em conflito com a estrutura da cobertura; cruzamentos com as redes elétricas, gás, ITED, etc., são de evitar.

4.3.3.3. PROJETO DE ELETRICIDADE E ITED

É necessário igualmente, compatibilizar os projetos de eletricidade e ITED com os restantes, procedendo também à sobreposição das plantas destes projetos com as anteriores, procurando encontrar incompatibilidades que diminuam a racionalização deste sistema construtivo. Alguns dos aspetos a verificar são:

- localização do quadro elétrico - Sendo o quadro elétrico um elemento de dimensão considerável e que é embutido na parede, a sua localização deve ser bem definida, de modo que a zona onde é colocado seja reforçada, não fragilizando a parede como é exemplo a situação exposta na Figura 66;



Figura 66 - Exemplo de uma deficiente preparação da parede que acolhe o quadro elétrico, (reproduzido de Faria, 2007).

¹⁴ AVAC - Projeto de aquecimento, ventilação e ar condicionado.

- posicionamento dos elementos das instalações elétricas - É necessário verificar se os elementos (interruptores, tomadas, caixas de derivação, etc.) encontram-se posicionados em zonas em que realmente existem paredes, bem como a altura a que os mesmos estão previstos;
- ligação do quadro elétrico à rede pública de distribuição elétrica;
- verificação da necessidade de coretes;
- conflitos com os restantes projetos - Evitar cruzamentos com as redes hidráulicas, gás, colunas de ventilação, etc..

As instalações elétricas e de ITED passam na sua maioria dentro dos vazios dos blocos estruturais e pelas lajes, sendo essencial que, para obter uma racionalização construtiva, estas instalações não exijam a execução de roços nas paredes que seguramente podem vir a reduzir a sua capacidade resistente. Uma boa compatibilização dos projetos permite prever blocos especiais para esse efeito, que são blocos que já vêm preparados com reentrâncias para a passagem dos tubos e preparados para a colocação das caixas de terminais para os interruptores e tomadas (Figura 67).



Figura 67 - Bloco estrutural com terminal elétrico pré-embutido.

4.3.3.4. PROJETO DAS FUNDAÇÕES

Nesta fase da compatibilização de projetos, o projeto das fundações já foi definido na fase de anteprojeto. Dado que existem acertos entre o projeto de alvenaria e o projeto de arquitetura, o projeto das fundações deve também ser compatibilizado com as alterações anteriores, verificando as cargas atuantes bem como o alinhamento das paredes estruturais. Após a definição e compatibilização das redes hidráulicas, eletricidade, etc., com o projeto de alvenaria e arquitetura, deverão ser fornecidos ao projetista das fundações os

respetivos projetos de modo que o mesmo possa identificar as possíveis interferências com a sua especialidade, como por exemplo:

- entrada das instalações elétricas e ITED;
- entrada do abastecimento de água;
- interferência das tubagens com vigas de fundação ou vigas baldrame;
- compatibilização com coretes e tubos de esgotos;
- localização das caixas de inspeção que não poderão interferir com elementos das fundações;
- cotas das câmaras de inspeção.

4.3.3.5. OUTROS PROJETOS

Cada tipo de obra tem a sua exigência no que aos projetos diz respeito, por isso no processo de compatibilização é preciso garantir que, na existência de outros projetos (gás, estudo do comportamento térmico e acústico, rede de incêndios, etc.) que possam ser exigidos devido às características de determinada obra, os mesmos sejam igualmente compatibilizados com os restantes.

4.3.3.6. RECOMENDAÇÕES

O primeiro cuidado que deverá ser tido para uma boa coordenação de projetos, passa pela organização da interface de comunicação entre os diversos projetistas. Como já anteriormente referido, as ferramentas CAD são parte importante deste processo, pelo que uma boa preparação e organização dos ficheiros respetivos para cada projeto são fundamentais para que se obtenham bons resultados. Alguns cuidados a ter são, por exemplo: as escalas dos desenhos, que servirão para sobreposições, deverão ser iguais para as diversas especialidades; uma gestão dos layers¹⁵ que permita por parte dos outros utilizadores uma fácil compreensão do desenho e da sua organização; a colocação dos diversos ficheiros num servidor comum que alerte os projetistas da existência de alterações.

Para o sucesso da coordenação de projetos em alvenaria estrutural é necessário também que se façam pormenorizações de todas as situações que sejam importantes para a

¹⁵ Nas ferramentas CAD, designa-se por layer um estrato de desenho que deve agrupar objetos com propriedades e/ou funções semelhantes.

A criação de *checklists* que permitam aos projetistas verificar ponto a ponto as incompatibilidades entre os projetos, pode ser uma forma de garantir que os intervenientes tenham linhas de orientação onde nelas encontram as divergências que são mais comuns, podendo assim evitar que situações de pressão por cumprimento de prazos, inexperiência do projetista, ou mesmo distrações, possam levar a que falhas relevantes não sejam detetadas.

Assim, é proposto um fluxograma de prioridades para a compatibilização de projetos na Figura 69, onde se identifica as ligações que se consideram fundamentais no processo, ordenadas por ordem de relevância, que correspondem à criação de 5 *checklists* que promovem a análise detalhada das incompatibilidades entre os diversos projetos.

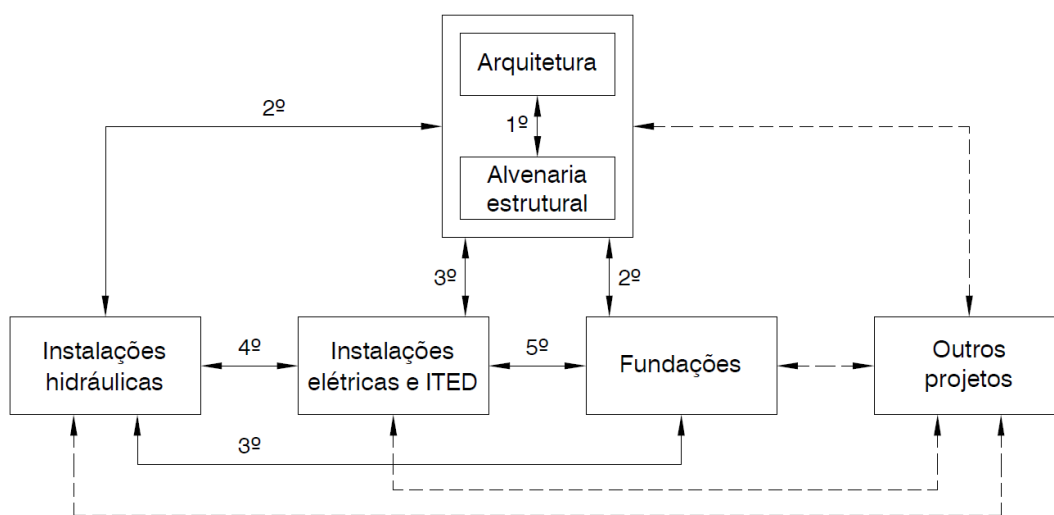


Figura 69 - Fluxograma de prioridades para a compatibilização de projetos.

Entende-se que a primeira compatibilização a realizar é entre o projeto de arquitetura e o projeto de alvenaria estrutural, compatibilização que deverá ser feita no sentido de que seja sempre sujeita a observação ao longo de todo o processo, pois sempre que surjam alterações devidas a qualquer um dos outros projetos, a compatibilização entre os dois projetos deverá ser novamente observada. Logo que a compatibilização anterior se encontre realizada, essa informação deverá ser remetida para os projetistas das instalações e das fundações para que possam acertar os seus projetos em relação aos projetos de arquitetura e alvenaria, devendo qualquer situação de necessidade de alteração ser informada ao coordenador de projeto. Os restantes projetos que eventualmente podem ser necessários para a execução da obra deverão ser igualmente compatibilizados. Não se pode admitir que

a compatibilização entre dois projetos está concluída, enquanto todas as outras não estiverem, pois a coordenação de projetos é um processo dinâmico e bidirecional na análise efetuada entre projetos.

As *checklists* a seguir propostas encontram-se preenchidas a título de exemplo, apresentando-se em anexo as mesmas *checklists* em branco.

- (1) A primeira *checklist* (Tabela 3) refere-se à compatibilização entre os projetos de arquitetura e de alvenaria estrutural;

Tabela 3 - *Checklist* de compatibilização entre o projeto de arquitetura e o projeto de alvenaria estrutural.

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL			
Projeto de Arquitetura vs Projeto de Alvenaria Estrutural			
Dados a observar	Compatível?	Problema / Causa	Efeito / Solução
Espessura das paredes na arquitetura / Espessura dos blocos de alvenaria	Não	A espessura das paredes na arquitetura são superiores às previstas no projeto de alvenaria estrutural.	Dimensões dos espaços alteradas. Proceder ao acerto da espessura das paredes no projeto de arquitetura.
Dimensão dos espaços (modulação horizontal)	Não	A compatibilização das espessuras das paredes, provocou alterações nas dimensões dos espaços.	Modulação horizontal não verificada. Proceder ao ajuste das dimensões para as originalmente previstas.
Distância entre pisos (modulação vertical)	Sim	-	-
Alinhamento e dimensão das portas e janelas	Sim	-	-
Localização das coretes	Não	A localização das coretes não está definida na arquitetura.	Identificar nas plantas de arquitetura a localização das coretes.
Negativos nas lajes	Não	Na laje, não estão identificados os negativos relativos as coretes.	Provocará trabalhos desnecessários de demolição da laje. Identificar os negativos.
Espessura das lajes	Não	No projeto de arquitetura, a altura da laje do piso 0 não foi retificada.	Provocará problemas na modulação vertical. Alterar a altura da laje no projeto de arquitetura.
Localização e tipo de escadas	Sim	-	-

- (2) Após a compatibilização entre os dois projetos anteriores, que se considera ser aquela que maiores alterações pode introduzir aos trabalhos desenvolvidos, o projeto de alvenaria estrutural deve ser compatibilizado com os projetos de

instalações. Assim, a próxima *checklist* (Tabela 4) refere-se à compatibilização entre o projeto das instalações hidráulicas e o projeto de alvenaria estrutural;

Tabela 4 - *Checklist* de compatibilização entre os projetos das instalações hidráulicas e de alvenaria estrutural.

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL			
Projeto das Instalações Hidráulicas vs Projeto de Alvenaria Estrutural			
Dados a observar	Compatível?	Problema / Causa	Efeito / Solução
Posicionamento dos terminais dos equipamentos sanitários	Sim	-	-
Localização das paredes hidráulicas	Sim	-	-
Localização das caixas de distribuição	Não	A caixa de distribuição está prevista numa parede estrutural.	Diminuição da capacidade resistente da parede. Deslocar a caixa de distribuição para uma parede hidráulica.
Localização das coretes	Sim	-	-
Colunas de ventilação	Não	Não está definido a coluna de ventilação para a cozinha.	Identificar nas plantas a localização da coluna de ventilação e definir a saída da mesma na cobertura.
Negativos nas lajes	Não	Na I.S. do piso 1, o canhão de sanita e o sifão de pavimento, coincidem com as nervuras da laje.	Dificuldade de execução e necessidade de uma abertura nas nervuras. Deslocar o canhão de sanita e o sifão.
Conflitos com outras instalações	-	-	-
	-	-	-

(3) Na Tabela 5, observa-se a *checklist* proposta para a compatibilização entre os projetos das instalações elétricas e ITED com o projeto de alvenaria estrutural;

Tabela 5 - Checklist de compatibilização entre os projetos das instalações elétricas e ITED com o projeto de alvenaria estrutural.

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL			
Projeto das Instalações Elétricas e ITED vs Projeto de Alvenaria Estrutural			
Dados a observar	Compatível?	Problema / Causa	Efeito / Solução
Posicionamento dos terminais	Não	O interruptor do quarto principal está posicionado atrás da abertura da porta.	Acesso difícil ao interruptor. Deslocar o interruptor para o outro lado da porta.
Localização do quadro elétrico	Sim	-	-
Ligação do quadro elétrico à rede pública	Sim	-	-
Localização de coretes (se necessário)	Sim	-	-
Conflitos com outras instalações	Não	Na cozinha, a tomada da placa elétrica coincide com o terminal do gás.	Dificuldade de execução. Acertar o posicionamento da tomada elétrica de modo a não coincidir.
	-	-	-

(4) Na Tabela 6, apresenta-se a *checklist* relativa à compatibilização do projeto das instalações hidráulicas com os projetos das instalações elétricas e ITED;

Tabela 6 - Checklist de compatibilização entre o projeto das instalações hidráulicas com os projetos das instalações elétricas e ITED.

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL			
Projeto das Instalações Hidráulicas vs Projeto das Instalações Elétricas e ITED			
Dados a observar	Compatível?	Problema / Causa	Efeito / Solução
Sobreposição de terminais	Sim	-	-
Tubos de abastecimento de água	Sim	-	-
Tubos de esgoto	Não	Na lavanderia, as tomadas elétricas coincidem com os tubos de esgoto das máquinas.	Dificuldade de execução. Acertar o posicionamento das tomadas elétricas de modo a não coincidir.
Tubos de ventilação	Sim	-	-
Passagem de tubos elétricos	Não	O traçado da tubagem coincide com o negativo para a corete.	Não exequível. Alterar o traçado de forma a não haver sobreposição com a corete.

- (5) Para finalizar as verificações de incompatibilidades através de *checklists*, apresenta-se na Tabela 7 a *checklist* relativa à compatibilização entre o projeto das fundações e os restantes projetos.

Tabela 7 - *Checklist* de compatibilização entre o projeto das fundações e os restantes projetos.

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL			
Projeto das Fundações vs Todos os projetos			
Dados a observar	Compatível?	Problema / Causa	Efeito / Solução
Alinhamento com o arranque das fiadas	Sim	-	-
Entrada das instalações elétricas e ITED	Sim	-	-
Entrada do abastecimento de água	Sim	-	-
Tubagens nas fundações	Sim	-	-
Saída das coretes	Não	Não está previsto os negativos para as coretes.	Identificar os negativos na planta de fundações (planta de ensoleiramento geral).
Cotas das câmaras de inspeção	Não	A cota de topo prevista para as câmaras de inspeção, não coincide com a cota prevista para o acabamento do massame.	Compatibilizar as cotas de topo das câmaras de inspeção com a cota prevista para o acabamento do massame.
Conflitos com outras instalações	-	-	-
	-	-	-

4.4. Conclusões

Neste capítulo foi abordado inicialmente o conceito de projeto de alvenaria estrutural, onde foi reforçada a ideia de que um projeto otimizado apresenta inúmeras vantagens, quer a nível de rentabilização dos trabalhos em obra, quer a nível económico. Foram apresentadas as principais condicionantes ao projeto de arquitetura, onde a coordenação modular apresenta um papel fulcral, mas a abordagem feita à geometria dos edifícios mostra que, a conceção de um edifício em alvenaria estrutural também não pode descurar as recomendações existentes para as relações entre as alturas e formas do edifício, que garantem a robustez do mesmo.

Foi descrito igualmente neste capítulo o processo de coordenação de projetos para edifícios em alvenaria estrutural, onde foi discutida a forma como se deve processar a gestão do fluxo de informações entre os participantes na equipa de projeto, descrevendo os passos a realizar para a obtenção de bons resultados, complementando essas descrições com o apoio de esquemas e fluxogramas.

O último tema abordado no capítulo refere-se à compatibilização entre os principais projetos necessários para um edifício em alvenaria estrutural. Foi feita uma análise a vários tipos de projetos, sendo que em cada um deles foram descritas as principais situações que usualmente geram divergências com os outros projetos e que devem ser sempre tidas em conta pelo coordenador.

Para finalizar o tema, foram feitas recomendações de boas práticas, sendo igualmente propostas *checklists* de incompatibilidades que visam agilizar e facilitar o processo de compatibilização de projetos.

Importa referir que, a coordenação de projetos em edifícios de alvenaria estrutural engloba todos os cuidados necessários para a coordenação de projetos das soluções correntes em betão armado, mas dada a especificidade da solução em questão, terão de ter um acréscimo de pontos que devem ser verificados de forma a garantir uma boa coordenação de todos os projetos envolvidos. Assim, as *checklists* propostas foram elaboradas de acordo com, por um lado a experiência adquirida em projetos correntes de betão armado e a sua compatibilização com os restantes projetos, e por outro, os contatos estabelecidos com projetistas do Brasil e de França, assim como o contato com a realidade de projeto e produção de edifícios em alvenaria estrutural nesses países. Esses foram os principais fatores que contribuíram para uma maior sensibilização para as diversas variáveis que podemos encontrar na análise e compatibilização de projetos e que foram enumeradas nas *checklists*.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1. Conclusões gerais

As soluções em alvenaria estrutural continuam a ser um tema pouco desenvolvido e debatido em Portugal. Este tipo de solução apresenta características que podem ser aproveitadas pelos diversos intervenientes na construção. O facto do sistema construtivo em alvenaria estrutural apresentar soluções economicamente interessantes, mesmo para regiões com algum risco sísmico, revela ser uma mais-valia que deve ser explorada, quer pelos projetistas, quer pelos próprios construtores, que também podem beneficiar das vantagens dessa tecnologia.

Os temas abordados ao longo do trabalho permitem perceber que as decisões relativas à arquitetura de um edifício são o ponto de partida para o sucesso de um projeto no seu todo. É fundamental que na conceção de um projeto que será executado em alvenaria estrutural, o mesmo seja planeado com esse objetivo desde o início. A escolha de um arquiteto conhecedor do sistema construtivo, que seja capaz de avaliar, julgar e propor as melhores soluções para cada situação específica, é desde logo um bom pressuposto para o pleno atendimento das necessidades do utilizador. Dado que em Portugal o arquiteto geralmente assume o papel de coordenador de projeto, o que implica que tenha conhecimento das especialidades envolvidas em todo o processo, permite-lhe julgar a funcionalidade dos espaços de uma forma racional, procurando ultrapassar o preconceito de que existe inflexibilidade arquitetónica associada ao sistema. Existem realmente condicionantes à arquitetura, mas que podem ser ultrapassadas quando a mesma é planeada como um todo, procurando a padronização dos componentes, reduzindo os desperdícios e valorizando o processo de projeto.

A maximização das vantagens da utilização da alvenaria estrutural é obtida quando é utilizada a alvenaria estrutural não armada, visto não haver necessidade da utilização de armaduras, exceto as recomendadas por questões construtivas. No entanto, será sempre necessário ponderar a utilização da alvenaria estrutural como solução, a partir do momento em que não é possível utilizar a solução não armada, pois à medida que se aumenta o número de elementos de betão a executar em obra, reduzem-se as vantagens da alvenaria estrutural.

Na construção de um edifício em alvenaria estrutural, a maior parte do tempo é despendido com a elevação das paredes e, simultaneamente, na colocação das diversas instalações, pelo que, uma perfeita compatibilização entre projetos e uma máxima racionalização do sistema devem ser objetivos maiores de um projeto que visa o incremento da construtibilidade. Não se pode no entanto deixar de sublinhar que, uma vez que o edifício é executado quase em simultâneo, ou seja, a estrutura constitui simultaneamente elementos arquitetónicos, como sejam as divisórias, e as restantes instalações são preparadas e executadas à medida que as alvenarias vão sendo construídas, em geral os tempos de execução são inferiores aos de um edifício corrente de betão armado.

A coordenação de projeto assume um papel fulcral em todo o processo. Pensando na coordenação de projeto de uma forma global, em que se juntam todas as premissas aplicadas aos projetos convencionais de betão armado ou em estrutura metálica, adicionando todas as particularidades inerentes ao sistema construtivo em alvenaria estrutural e que foram apresentadas neste trabalho, obtém-se a coordenação de projetos em edifícios de alvenaria estrutural.

A proposta de um conjunto de *checklists* visa dotar os intervenientes no processo de compatibilização de um meio auxiliar, que facilite a análise e deteção de interferências entre os vários projetos. Vários fatores podem dar origem a uma deficiente compatibilização de projetos: desde logo a inexperiência dos projetistas, a pressão associada a este tipo de trabalho, prazos de entrega, entre outros. As *checklists* propostas permitem verificar ponto a ponto as diversas situações que podem ser motivo de necessidade de alteração ou de correção, contribuindo assim para a diminuição das incompatibilidades nos projetos e, conseqüentemente, para uma maior racionalização.

Assim, ter a ambição de aumentar o grau de construtibilidade e maximizar a racionalização, não implica produzir uma arquitetura pobre e limitada, em que a estética do edifício é subvalorizada em favor da funcionalidade e facilidade construtiva. Projetar de forma consciente e racional, baseando-se nas técnicas e experiências anteriormente adquiridas, é a base do caminho que, quando associado ao bom senso, levará ao sucesso dos desafios propostos, produzindo soluções de qualidade e eficientes, que poderão ser executadas em obra com menor dificuldade, maior produtividade da mão-de-obra e com um custo adequado à natureza dos trabalhos.

5.2. Contribuições ao tema desenvolvido

O presente estudo acrescenta ao tema das construções em alvenaria estrutural, a discussão acerca da coordenação de projetos em edifícios de alvenaria estrutural, que, tanto quanto nos é possível conhecer, não tem sido objeto de desenvolvimentos no nosso país. Sendo um sistema construtivo com inúmeras vantagens a explorar pelo mercado da construção em Portugal, julga-se relevante lançar estudos dedicados à área de projeto e, conseqüentemente, à sua coordenação.

Numa análise às dissertações dedicadas à alvenaria estrutural realizadas em Portugal, podemos concluir que não existem em número significativo, e as que existem, são dedicadas quase exclusivamente ao seu dimensionamento. Como tal, considera-se fundamental realizar estudos que permitam desenvolver e dar a conhecer os procedimentos de cálculo e de abordagem à regulamentação associada ao dimensionamento das estruturas em alvenaria, nomeadamente a NP EN 1996 e a NP EN 1998. Nesse sentido, é igualmente fundamental dotar os projetistas de competências que permitam a realização de bons projetos e respetiva compatibilização. Assim, considera-se que as abordagens realizadas ao longo desta dissertação aos aspetos construtivos, nomeadamente em França e no Brasil, e à coordenação de projetos em edifícios de alvenaria estrutural, com a proposta final de utilização de *checklists*, são contribuições ao tema desenvolvido.

5.3. Desenvolvimentos futuros

Alguns pontos abordados neste trabalho podem servir de base para desenvolvimentos futuros. Seria muito importante que novos estudos fossem realizados em Portugal e que certamente iriam contribuir para o sucesso da alvenaria estrutural, como solução construtiva. Alguns desses estudos seriam:

- Desenvolvimento das técnicas de execução associadas à alvenaria estrutural;
- Aplicação das *checklists* aqui propostas a casos de estudo práticos, propondo eventuais melhorias às mesmas;
- Comparação económica entre a aplicação de estruturas convencionais de betão armado e estruturas em alvenaria estrutural.

5.4.Recomendações

Antes da escolha da alvenaria estrutural como solução construtiva, existem alguns fatores a ter em conta por parte do projetista e que não devem ser descurados. Na fase de conceção, o projetista terá que conhecer o risco sísmico da zona em questão, pois isso determinará a escolha do tipo de alvenaria estrutural a utilizar, devendo avaliar a disponibilidade dos materiais construtivos na região em que a obra se efetua, pois algumas fábricas não produzem blocos com resistência à compressão suficiente para serem usados como estrutura. O facto de ter um fornecedor a distância considerável pode encarecer sobremaneira o transporte, podendo inviabilizar a adoção da alvenaria estrutural. É igualmente necessário saber se existem empresas na região em causa, com mão-de-obra qualificada à realização dos trabalhos.

O projeto deverá conter toda a informação necessária, quer escrita, quer desenhada, para uma completa e boa realização dos trabalhos. Os desenhos de pormenor não devem ser descurados, devendo apresentar-se explícitos, detalhados e devidamente identificados, garantindo uma perfeita leitura aos intervenientes presentes em obra.

O coordenador de projeto deve assumir uma postura de liderança perante a equipa de projeto, procurando sempre as soluções técnicas e economicamente mais viáveis, procurando igualmente garantir uma perfeita articulação da informação e uma relação concertada entre os vários projetistas.

BIBLIOGRAFIA

- Accetti, K. M. (1998). *Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria*. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Brasil.
- Alarcón, L. F., & Mardones, D. A. (1998). Improving the design-construction interface. (p. 12). Guarujá, Brasil: Annual conference of International Group of Lean Construction.
- Amrhein, J. E., & Porter, M. L. (2009). *Reinforced Masonry Engineering Handbook - Clay and Concrete Masonry* (6ª ed.). USA: Masonry Institute of America.
- Bagatelli, R. (2002). *Edifícios de alto desempenho: conceito e proposição de recomendações de projeto*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil.
- Baldwin, A. N., Austin, S. A., Hassan, T. M., & Thorpe, A. (1999). *Modelling information flow during the conceptual and schematic stages of building design* (Vol. 17). UK: Construction Management and Economics.
- Berenguer, D. S., & Fortes, A. S. (2009). *Técnica de Execução de Alvenaria Estrutural*. Brasil: Universidade Católica do Salvador.
- BRGM. (2012). *Bureau de Recherches Géologiques et Minières - Le Plan Séisme, un programme national de prévention du risque sismique*. Obtido em 12 de Março de 2012, de Web site do Ministério do Desenvolvimento Sustentável (França): <http://www.planseisme.fr>
- Bubshait, A. A., Farooq, G., Jannadi, M. O., & Assaf, S. A. (1999). *Quality practices in design organizations*. Arábia Saudita: Construction Management and Economics.
- Camacho, J. S. (2006). Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. *Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural – NEPAE* (p. 53). São Paulo, Brasil: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
- Carvalho, L. A. (19 de Março de 2006). Projeto da Estrutura – Recomendações Gerais e Bibliografia. *Curso de Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto - Noções Básicas de Projeto Estrutural* (p. 6). 4º Seminário - Recife: ABCP e Universidade Federal do Ceará.
- CII. (1987). CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. Constructability: a premier. 2.ed. Austin. In *CII publication, n.3-1*. EUA.
- Costa, J. M. (1995). *Métodos de avaliação da qualidade de projectos de edifícios de habitação*. Porto, Portugal: Dissertação (Doutoramento) - Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto.

- Cross, N. (1998). Natural intelligence in design. *Conference on Artificial Intelligence in Design (AID98)*, (p. 15). Lisboa, Portugal.
- Duarte, R. B. (1999). *Recomendações para o projeto e execução de edifícios de alvenaria estrutural*. Porto Alegre, Brasil: Associação Nacional da Indústria Cerâmica.
- EC6. (Novembro de 2000). Eurocódigo 6: Projecto de estruturas de alvenaria. Parte 1-1: Regras gerais para edifícios. NP ENV 1996-1-1 (Versão Portuguesa de ENV 1996-1-1: 1995). CT 115 (LNEC).
- Fabrício, M. M., & Melhado, S. B. (2002). Desenvolvimento histórico do processo de projeto na construção de edifícios (Enteca). *III Encontro tecnológico de engenharia civil e arquitetura*, (p. 11). Maringa - Paraná.
- Faria, C. P. (27 de Novembro de 2007). Coordenação e compatibilização de projetos. Juíz de Fora, Minas Gerais, Brasil.
- Faria, C. P. (16 de Fevereiro de 2011). Projeto arquitetônico, modulação, compatibilização - Alvenaria estrutural em blocos vazados de concreto. 84. Juíz de Fora, Minas Gerais, Brasil.
- Farooq, G. (1997). *Quality management practices among A/E organizations*. Dhahran, Arábia Saudita: Faculty of the Collefe of Graduate Studies - King Fahd University of Petroleum & Minerals.
- Franco, L. S. (1992). *Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada*. Brasil: Tese (Doutoramento) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- Gouveia, J. P., Lourenço, P. B., & Vasconcelos, G. (2007). Soluções construtivas em alvenaria. *Congresso Construção 2007 - 3.º Congresso Nacional* (p. 12). Portugal: Universidade de Coimbra.
- Graziano, F. P. (2003). *Compatibilização de Projetos*. Brasil: Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT, São Paulo.
- IBGE. (1 de Julho de 2011). *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Obtido em 13 de Julho de 2012, de Estimativas Da População Residente Nos Municípios Brasileiros: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2011/POP2011_DOU.pdf
- Junior, J. F. (17 de Fevereiro de 2011). *Universidade Federal do Paraná*. Obtido em 13 de Junho de 2012, de Departamento de Engenharia Civil: http://www.dcc.ufpr.br/wiki/images/8/87/TC025_Alvenaria_estrutural_A.pdf

- Leal, D. F., Alvarenga, R. C., Seron, C. S., Oliveira, D. S., & Santos, A. A. (2009). *Modulação Automática de Edifícios em Alvenaria Estrutural com a utilização da Plataforma CAD: Programa AlvMod*. Brasil: Universidade Federal de Viçosa.
- LNEC. (2005). *Departamento de estruturas - Núcleo de engenharia sísmica e dinâmica de estruturas*. (LNEC, Editor) Obtido em 31 de 12 de 2011, de LNEC - A gaiola como génese da construção anti-sísmica: http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/gaiol_const_sism.html
- Lourenço, P. B. (2006). Paredes de alvenaria armada I: Possibilidades e Aplicações. *Ingenium*, pp. 80-84.
- Lourenço, P. B., & Sousa, H. (2002). Concepção e projecto para alvenaria. *Seminários sobre Paredes de Alvenaria*, (p. 34). Porto.
- Lourenço, P. B., Gouveia, J. P., & Melo, F. (2006). Alvenaria estrutural: Aplicação a um caso de estudo. *4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas* (p. 11). Lisboa: LNEC.
- Lourenço, P. B., Haach, V. G., Vasconcelos, G., & Gouveia, J. P. (2007). Alvenaria armada: Soluções inovadoras em Portugal. *Seminário sobre paredes de alvenaria*, (p. 26). Minho.
- Luiten, G. T., & Tolman, F. P. (1997). Automating communication in civil engineering,. *Journal of Construction Engineering and Management*, 113-120.
- Machado, S. L. (1999). *Sistemática de concepção e desenvolvimento de projetos arquitetônicos para alvenaria estrutural*. Brasil, Florianópolis: Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- Morais, A. (Setembro de 2006). Alvenaria estrutural: Novo processo construtivo. *ARTITEXTOS02*, pp. 101-111.
- Nave, P. M. (2008). *Dimensionamento de um edifício com estrutura de alvenaria - Aplicação ao Eurocódigo 6*. Lisboa, Portugal: Dissertação (Mestrado) - Instituto Superior Técnico.
- Novaes, C. C., & Franco, L. S. (1997). Diretrizes para a garantia de qualidade do projeto na produção de edifícios habitacionais. (p. 19). São Paulo, Brasil: Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP - Departamento de Engenharia de Construção Civil.
- Ohashi, E. A. (2001). *Sistema de informação para coordenação de projetos de alvenaria estrutural*. São Paulo, Brasil: Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

- Parsekian, G. A., & Junior, S. F. (2003). Compatibilização de projetos de alvenaria estrutural. *III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção* (p. 10). São Carlos, Brasil: Universidade Federal de São Carlos.
- Ramalho, M. A., & Corrêa, M. R. (2003). *Projeto de edifícios de alvenaria estrutural* (1ª edição ed.). São Paulo, Brasil: Editora Pini Ltda.
- Rauber, F. C. (2005). *Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria estrutural*. Santa Maria, Brasil: Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria.
- Roman, H. R., Mutti, C. N., & Araújo, H. N. (1999). *Construindo em alvenaria estrutural*. Florianópolis, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina.
- Santos, M. D. (1998). *Técnicas construtivas em alvenaria estrutural: Contribuição ao uso*. Santa Maria, Brasil: Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria.
- Santos, M. D. (2004). *Monitoramento de obras de Alvenaria Estrutural*. Santa Maria, Brasil: Universidade Federal de Santa Maria / Grupo de pesquisa e desenvolvimento em alvenaria estrutural.
- Santos, S. H., Lima, S. S., & Silva, F. C. (Setembro de 2010). Risco Sísmico na Região Nordeste do Brasil. *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais*, V.3, pp. 374-389.
- Sousa, F. J. (2010). *Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares - Estudo de Caso*. Recife, Brasil: Pós-Graduação em Engenharia Civil - Universidade Católica de Pernambuco.
- Syan, C. S., & Menon, U. (1994). *Concurrent engineering: concepts, implementation and practice*. Londres, Inglaterra: Chapman & Hall.
- Tzortzopoulos, P., & Formoso, C. T. (1999). *Considerations on application of lean construction principles to design management*. Estados Unidos: University of California, Berkeley, CA, USA.
- UCP. (Dezembro de 2007). *Atlas da habitação em Portugal - Instituto da habitação e da Reabilitação urbana*. Lisboa, Portugal: Universidade Católica Portuguesa - Faculdade de Engenharia.

ANEXOS

ÍNDICE DOS ANEXOS

TABELA A. 1 - <i>CHECKLIST</i> DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE OS PROJETOS DE ARQUITETURA E ALVENARIA ESTRUTURAL	3
TABELA A. 2 - <i>CHECKLIST</i> DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE OS PROJETOS DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E DE ALVENARIA ESTRUTURAL ..	4
TABELA A. 3 - <i>CHECKLIST</i> DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE OS PROJETOS DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E ITED COM O PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL.....	5
TABELA A. 4 - <i>CHECKLIST</i> DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE O PROJETO DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS COM OS PROJETOS DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E ITED.....	6
TABELA A. 5 - <i>CHECKLIST</i> DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE O PROJETO DAS FUNDAÇÕES E OS RESTANTES PROJETOS.	7

Tabela A. 1 - *Checklist* de compatibilização entre os projetos de arquitetura e alvenaria estrutural.

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL			
Projeto de Arquitetura vs Projeto de Alvenaria Estrutural			
Dados a observar	Compatível?	Problema / Causa	Efeito / Solução
Espessura das paredes na arquitetura / Espessura dos blocos de alvenaria			
Dimensão dos espaços (modulação horizontal)			
Distância entre pisos (modulação vertical)			
Alinhamento e dimensão das portas e janelas			
Localização das coretes			
Negativos nas lajes			
Espessura das lajes			
Localização e tipo de escadas			

Tabela A. 2 - *Checklist* de compatibilização entre os projetos das instalações hidráulicas e de alvenaria estrutural.

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL			
Projeto das Instalações Hidráulicas vs Projeto de Alvenaria Estrutural			
Dados a observar	Compatível?	Problema / Causa	Efeito / Solução
Posicionamento dos terminais dos equipamentos sanitários			
Localização das paredes hidráulicas			
Localização das caixas de distribuição			
Localização das coretes			
Colunas de ventilação			
Negativos nas lajes			
Conflitos com outras instalações			

Tabela A. 3 - *Checklist* de compatibilização entre os projetos das instalações elétricas e ITED com o projeto de alvenaria estrutural.

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL			
Projeto das Instalações Elétricas e ITED vs Projeto de Alvenaria Estrutural			
Dados a observar	Compatível?	Problema / Causa	Efeito / Solução
Posicionamento dos terminais			
Localização do quadro elétrico			
Ligação do quadro elétrico à rede pública			
Localização de coretes (se necessário)			
Conflitos com outras instalações			

Tabela A. 4 - *Checklist* de compatibilização entre o projeto das instalações hidráulicas com os projetos das instalações elétricas e ITED.

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL			
Projeto das Instalações Hidráulicas vs Projeto das Instalações Elétricas e ITED			
Dados a observar	Compatível?	Problema / Causa	Efeito / Solução
Sobreposição de terminais			
Tubos de abastecimento de água			
Tubos de esgoto			
Tubos de ventilação			
Passagem de tubos elétricos			

Tabela A. 5 - *Checklist* de compatibilização entre o projeto das fundações e os restantes projetos.

COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL			
Projeto das Fundações vs Todos os projetos			
Dados a observar	Compatível?	Problema / Causa	Efeito / Solução
Alinhamento com o arranque das fiadas			
Entrada das instalações elétricas e ITED			
Entrada do abastecimento de água			
Tubagens nas fundações			
Saída das coretes			
Cotas das câmaras de inspeção			
Conflitos com outras instalações			