



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



**Normalização dos trabalhos de demolição.
Proposta de elaboração de um modelo de um
plano de demolição**

JOÃO CARLOS DIAS FIGUEIREDO DE SÁ

Licenciado em Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil

Especialização em Edificações

Orientadores:

Mestre Manuel Brazão de Castro Farinha

Mestre Paula Raquel da Cunha Lamego

Júri:

Presidente: Doutor João Alfredo Ferreira dos Santos

Vogais: Licenciado Júlio Walter Miguel Fernandes

Mestre Manuel Brazão de Castro Farinha

Mestre Paula Raquel da Cunha Lamego

Dezembro 2013

RESUMO

O avanço tecnológico no setor da demolição de estruturas, registado nas últimas décadas, proporcionou o aparecimento de novas metodologias de trabalho, com vista à substituição de estruturas, assoladas por outras novas integradas numa malha social essencial ao desenvolvimento e progresso do mundo moderno. Proporcionalmente o número de obras de demolição registadas no nosso país tem vindo a aumentar. A importância desta atividade é tal, que a sua execução tem de ser efetuada por especialistas nesta área. Uma obra de demolição deve ser considerada como uma obra de construção, isto é, a demolição deverá ser projetada, dimensionada, planeada e executada por entidades competentes para o efeito.

A presente dissertação consiste não só na apresentação das diferentes técnicas e equipamentos de demolição existentes mas também na descrição de como todo o processo deve ser tratado, obedecendo às normas e legislações em vigor, dando-se especial destaque na avaliação e implementação de medidas preventivas de segurança na realização de trabalhos de demolição e de reabilitação de edifícios, a fim de estes serem realizados com eficiência e rapidez, promovendo a segurança e saúde no trabalho. De modo a compreender melhor a forma de execução dos processos e métodos aplicados na demolição de estruturas, fez-se um estudo à sua adequabilidade e aplicabilidade em variados trabalhos. Assim, e juntamente com um processo de seleção de técnicas a empregar, poder-se-á conseguir uma normalização nos trabalhos de demolição. No entanto, existe a necessidade de melhorar o processo de seleção das técnicas de demolição, pois este envolve um grande conjunto de critérios que levam à existência de problemas de decisão, o que justifica uma revisão bibliográfica nesta área, apresentando-se aqui uma investigação feita por Abdullah, onde se expõe um procedimento sistemático que pode ser seguido para apoiar o processo de decisão. É também efetuada uma análise ao modo de elaboração de um projeto de demolição, tanto no âmbito nacional, como no âmbito internacional. Por fim, é proposto um modelo de um plano de demolição de acordo com as considerações prévias, que aqui são também apresentadas.

Pretende-se assim contribuir para o estabelecimento de um conjunto de instruções e regras a aplicar na realização de trabalhos de demolição, com eficiência e respeitando todos os procedimentos de segurança.

PALAVRAS-CHAVE

Demolição, técnicas de demolição, plano de demolição, segurança.

ABSTRACT

The technological improvements in the demolition sector, registered in recent decades, fostered the emergence of new working methods that substitute dilapidated structures by new ones that are integrated into the development and progress of the modern world's social demands. It is verified that the number of demolition works in Portugal has been increased and the importance of this activity is such that its implementation must be performed by specialists. A demolition work must be considered as a construction activity, i.e., the demolition should be designed, dimensioned, planned and performed by competent authorities.

This work consists not only in the presentation of the different techniques and equipments used in demolitions, but also in how the entire process must be undertaken, in compliance with standards and legislation, which emphasize in evaluation and implementation of preventive security measures performing demolition and rehabilitation work of buildings in order to achieve them in the most quick and efficient way, promoting safety and health at work. For a better understanding of the existing processes and methods in the demolition works, a study was performed to show its suitability and applicability in the most different jobs. Along with a good selection process of techniques it may achieve a standardization in demolition work. However, there is a need to improve the selection process of demolition techniques, because this involves a large set of criteria that creates decision problems. As an answer to it, a state-of-the-art is presented, including a investigation promoted by Abdullah, where he exposes a systematic procedure that can be followed to support the decision process. The procedure to perform a demolition project is also presented, comparing national and international recommendations. Finally, a model of a demolition plan is developed in accordance with the patent considerations, which are also presented here.

The aim is to contribute to the establishment a set of instructions and rules to carry out the demolition works, efficiently and respecting all safety procedures.

KEYWORDS

Demolition works, demolition techniques, demolition plan, safety.

Agradeço,

A orientação dada pela Engenheira Paula Lamego e Engenheiro Brazão Farinha

A todos os meus amigos, aos que estão “à porta de casa” e aos que tive o prazer de conhecer,

À Diana que teve um papel fundamental na minha formação académica e tem na minha vida,

Ao meu pai, à minha mãe e a toda a minha família que sempre me apoiaram,

Um muito obrigado!

LISTA DE SIGLAS

AECOPS – ASSOCIAÇÃO DE EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO OBRAS PÚBLICAS E SERVIÇOS

ABGE – AGREGADOS BRITADOS DE GRANULOMETRIA EXTENSA

AEDED – ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESARIOS DE DEMOLICIÓN

BS – BRITISH STANDART

BS – BRITISH STANDART

CCP – CÓDIGO DOS CONTRATOS PÚBLICOS

CE – COMUNIDADE EUROPEIA

CM – CAMARA MUNICIPAL

DTSS – DEMOLITION TECHNIQUES SELECTION SYSTEM

EPC – EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA

EPI – EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

HS – HIGIENE E SEGURANÇA

INE – INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA

NADC – NATIONAL ASSOCIATION OF DEMOLITION CONTRACTORS

PES – PLANO ESPECIFICO DE SEGURANÇA

PSS – PLANO DE SAÚDE E SEGURANÇA

RGGR – REGIME GERAL DE GESTÃO DE RESÍDUOS

RGR – REGULAMENTO GERAL DO RUÍDO

ÍNDICE DE TEXTO

1	Capítulo 1 - Introdução.....	1
1.1	Enquadramento do tema	1
1.2	Objetivos	3
1.3	Estrutura da dissertação	4
2	Capítulo 2 – Enquadramento do setor da demolição.....	5
2.1	Definição.....	5
2.2	Evolução do sector da demolição.....	5
2.3	O setor da demolição em Portugal	8
2.4	Legislação aplicável.....	11
2.4.1	Âmbito nacional	11
2.4.2	Âmbito internacional	11
2.5	O processo de demolição	12
2.5.1	Fase de adjudicação	12
2.5.2	Fase de pré demolição	13
2.5.3	Fase de demolição propriamente dita	14
2.5.4	Fase de pós demolição.....	14
2.6	Principais custos envolvidos em obras de demolição	16
3	Capítulo 3 – Técnicas de demolição e equipamentos utilizados	19
3.1	Generalidades.....	19
3.2	Ferramentas, equipamentos e máquinas de demolição	21
3.2.1	Ferramentas manuais	22
3.2.2	Máquinas manuais	23
3.2.3	Pequenas máquinas.....	30

3.2.4	Maquinaria pesada.....	33
3.3	Demolição progressiva.....	40
3.3.1	Método mecânico por máquinas hidráulicas de braço longo.....	40
3.3.2	Bola de demolição	42
3.4	Demolição por colapso deliberado.....	44
3.4.1	Método de demolição mecânica	45
3.4.2	Método com recurso a explosivos	48
3.5	Desconstrução ou demolição por remoção progressiva de elementos	53
3.5.1	“Top Down” – Método manual.....	53
3.5.2	“Top Down” – Utilizando maquinaria	54
3.6	Outros métodos	55
3.6.1	Agente não explosivo	55
3.6.2	Serra de corte	56
3.6.3	Corte e elevação.....	56
3.6.4	Lança térmica	57
3.6.5	Hidrodemolição	58
3.6.6	Processos elétricos	59
3.7	Análise comparativa da aplicabilidade das técnicas	61
4	Capítulo 4 - Considerações prévias à execução de um projeto de demolição	65
4.1	Generalidades.....	65
4.2	Consideração ao nível do edifício e do meio envolvente.....	66
4.2.1	Avaliação do edifício.....	66
4.2.2	Avaliação estrutural.....	68
4.2.1	Relatório de estabilidade incluindo cálculos	69

4.2.2	Meios e serviços	69
4.2.3	Trânsito circundante	70
4.3	Considerações ambientais	71
4.3.1	Poluição do Ar	71
4.3.2	Ruído	71
4.3.3	Água	71
4.3.4	Materiais Perigosos.....	71
4.4	Manipulação de detritos	72
4.4.1	Reciclagem de detritos.....	72
4.4.2	Mínimização da poeira	72
4.4.3	Acumulação de detritos	72
4.4.4	Sistema de gestão de detritos.....	73
4.4.5	Carregamento dos detritos	73
4.4.6	Tratamento e gestão de resíduos.....	73
4.5	Considerações após a demolição.....	74
4.6	Seleção do método de demolição.....	74
4.6.1	Critérios de seleção.....	75
4.6.2	Condições de aplicabilidade das técnicas de demolição.....	78
4.6.3	Justificação para o uso dos critérios de escolha.....	81
4.6.4	“A escolha”	84
4.7	Requisitos legais	86
4.7.1	Processo de aprovação.....	86
4.7.2	Licenciamento de Obras de Demolição.....	86
4.7.3	Demolição de obras sujeitas a regime de comunicação prévia.....	86

4.7.4	Pareceres obrigatórios.....	87
4.7.5	Quem fiscaliza	87
4.7.6	Plano de Segurança e Saúde	87
4.8	O processo de gestão de risco	87
4.8.1	Identificar os riscos.....	87
4.8.2	Avaliação dos riscos	88
4.8.3	Controlar os riscos	89
4.8.4	Rever as medidas de controlo	89
5	Capítulo 5 – Proposta de elaboração de um modelo de plano de demolição.....	91
5.1	O exemplo da <i>British Standard</i> , BS 6187-2011.....	91
5.1.1	Planeamento e gestão de projetos	93
5.2	O que existe a nível nacional	98
5.3	Proposta de elaboração de um modelo de um plano de demolição.....	100
5.4	<i>Checklist</i> do processo de demolição	103
6	Capítulo 6 – Conclusões e perspetivas futuras	109
6.1	Conclusões	109
6.2	Perspetivas futuras	111
7	Referencias Bibliográficas.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução do número de edifícios licenciados para obras de construção nova [INE, 2013]... 9	9
Figura 2 - Evolução do número de edifícios licenciados referentes a obras de alteração e ampliação, reconstruções e demolição [INE, 2013]. 9	9
Figura 3 - Quantidade de escombros produzidos por obras de demolição em Portugal [AED, 2013].. 10	10
Figura 4 - Fluxograma do processo de demolição, com a identificação das fases [Abdullah <i>et al.</i> , 2006]..... 15	15
Figura 5 - Demolição progressiva [BS 6187, 2011]..... 20	20
Figura 6 - Demolição por colapso [BS 6187, 2011]..... 20	20
Figura 7 - Demolição pelo método de desconstrução [BS 6187, 2011] 21	21
Figura 8 - Pé de cabra [Mascarenhas, 2008] 22	22
Figura 9 - Martelo e escopro [Mascarenhas, 2008]..... 22	22
Figura 10 - Marreta ou maço [Mascarenhas, 2008] 22	22
Figura 11 - Picareta [Mascarenhas, 2008] 22	22
Figura 12 - Darda e exemplificação de trabalho [Mascarenhas, 2008] 23	23
Figura 13 - Mecanismo de funcionamento da ponteira de uma darda [Mascarenhas, 2008] 23	23
Figura 14 - Exemplificação de trabalho com martelo giratório [Mascarenhas, 2008] 24	24
Figura 15 - Exemplificação de trabalho com martelo picareta [Mascarenhas, 2008] 24	24
Figura 16 - Martelo perfurador com sistema de retenção de poeira [Mascarenhas, 2008] 25	25
Figura 17 - Ponteiras mais comumente utilizadas em martelos pneumáticos [Mascarenhas, 2008].. 25	25
Figura 18 - Exemplificação de trabalho com martelo pneumático [Mascarenhas, 2008] 25	25
Figura 19 - Sistema de macacos hidráulicos [Mascarenhas, 2008]..... 26	26
Figura 20 - Tesouras hidráulicas e exemplificação de trabalho [Mascarenhas, 2008]..... 26	26
Figura 21 - Pinça de esmagamento e exemplificação de trabalho [Mascarenhas, 2008] 27	27
Figura 22 - Disco de corte portátil e exemplificação de trabalho [Mascarenhas, 2008] 27	27
Figura 23 - Motosserra e exemplificação de trabalho [Mascarenhas, 2008]..... 28	28
Figura 24 - Caroteadora (à esquerda) e demonstração das possibilidades de ângulos de perfuração (à direita) [Mascarenhas, 2008] 29	29
Figura 25 - Exemplificação de extração de uma carote [Mascarenhas, 2008]..... 29	29
Figura 26 - Alguns acessórios para robots de demolição [Mascarenhas, 2008]..... 30	30
Figura 27- Robot de demolição [Mascarenhas, 2008]..... 30	30
Figura 28 - Miniescavadoras de rodas com vários acessórios [Mascarenhas, 2008] 31	31
Figura 29 - Miniescavadoras de rasto com vários acessórios [Mascarenhas, 2008] 31	31
Figura 31 - Disco de corte sobre rodas [Mascarenhas, 2008] 32	32
Figura 30 - Autoserra [Mascarenhas, 2008]..... 32	32
Figura 32 - Disco de corte sobre calhas..... 32	32

Figura 33 - Máquinas de fio de corte aplicadas em diferentes elementos [Mascarenhas, 2008].....	33
Figura 34 - Escavadora de rasto com braço de longo alcance [Mascarenhas, 2008]	34
Figura 35 - Escavadora, giratória, de rasto com balde "ripper" (em cima), conjunto industrial com martelo hidráulica (em baixo) [Mascarenhas, 2008].....	34
Figura 36 - "Bulldozer" de rasto e de rodas [Mascarenhas, 2008]	35
Figura 37 - Camião grua, grua automontante e grua torre (da esquerda para a direita) [Mascarenhas, 2008].....	35
Figura 38 - Grupo móvel de britagem de grande porte.	36
Figura 39 - Martelo demolidor hidráulico [Mascarenhas, 2008].....	36
Figura 40 - Vários tipos de pulverizadores [Mascarenhas, 2008]	37
Figura 41 - Balde de crivos para separação do material (à esquerda) e britador para triturar elementos demolidos (à direita) [Mascarenhas, 2008]	37
Figura 42 - Tesouras de maxilas e vários tipos de laminas [Mascarenhas, 2008].....	38
Figura 43 - Vários tipos de garras e pinças [Mascarenhas, 2008]	39
Figura 44 - Demolição com bola de aríete [Mascarenhas, 2008]	40
Figura 45 - Demolição com máquina hidráulica de braço longo [site: loupiote, 2013]	41
Figura 46 - Demolição com bola de ariete [site: zimbio, 2013]	42
Figura 47 - Demolição por empurre dos elementos, demolição por grua com garras, demolição por empuxe, e demolição com auxílio de cabos (da esquerda para a direita, de cima para baixo) [Buildings Dep Jp, 2011].	45
Figura 48 - Mecanismos de colapso [site: implosionworld.com].....	51
Figura 49 - Corte por lança térmica [Mascarenhas, 2008].	57
Figura 50 - Máquina de hidrodemolição para paredes [Mascarenhas, 2008].....	59
Figura 51 - Máquina de hidrodemolição para pavimentos [Mascarenhas, 2008].....	59
Figura 52 - Acessório para acoplar no braço de uma escavadora para zonas de difícil alcance [Mascarenhas, 2008].	59
Figura 53 - Fluxograma da hierarquização do modelo de seleção da técnica de demolição a implementar [Abdullah e Anumba, 2002].....	85
Figura 54 - Fluxograma de planeamento e gestão de projetos [BS 6187, 2011].....	92
Figura 55 - Fluxograma da sequência de trabalhos de estabilidade estrutural [BS 6187, 2011].....	96

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Edifícios licenciados entre os anos de 2002 e 2012 [INE, 2013].....	8
Tabela 2 - Custos gerais numa obra de demolição [Abdullah, 2003].....	17
Tabela 3 (cont.) - Custos gerais numa obra de demolição [Abdullah, 2003].....	18
Tabela 4 - Características gerais dos métodos de demolição atendendo à sua aplicabilidade elemento a elemento, características de operabilidade e poluição [Buildings Dep Jp, 2011]	61
Tabela 5 - Aplicabilidade de algumas técnicas de demolição, tendo em conta o tipo de estrutura e a sua vizinhança [Gomes e Oliveira, 2010].....	64
Tabela 6 - Áreas de aplicabilidade de demolição manual (Método <i>Top down</i>) [Abdullah, 2003].....	78
Tabela 7 - Áreas de aplicabilidade de demolição por maquinaria (Método <i>Top down</i>) [Abdullah, 2003].....	78
Tabela 8 - Áreas de aplicabilidade de demolições “não convencionais” [Abdullah, 2003].....	80
Tabela 9 - Áreas de aplicabilidade da hidrodemolição [Abdullah, 2003].....	80
Tabela 10 - Justificação para o uso dos critérios de escolha [Abdullah, 2003].....	81

– CAPÍTULO 1 –

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do tema

Desde o início das civilizações, as pessoas foram demolindo os edifícios e as estruturas construídas para dar espaço a novas e melhoradas construções ou para implementar melhorias em outros já existentes. Mais tarde, assistiu-se a outra evolução da técnica de demolição, no sentido de reutilizar elementos de uma demolição para a criação da nova estrutura que lhe daria lugar, ou numa outra obra, reaproveitando assim o material. Este tipo de demolições/construções tornaram-se evidentes nas civilizações passadas quando o arqueólogo alemão Heinrich Schliemann descobriu os restos de Homer's Troy, que se tratava de uma antiga cidade onde decorreram vários episódios de guerra, e aí deparou-se com o facto de que esta era a sétima cidade a ser construída no mesmo local. No tempo dos faraós egípcios, era prática comum que o novo faraó demolisse edifícios construídos pelo seu antecessor, reutilizando os materiais provenientes da demolição do antigo palácio ou túmulo para a construção do novo. No norte de Inglaterra foram recicladas partes da Hadrian's Wall para construir moradias e estruturas comerciais em *Newcastle* e em outras cidades da região [Diven, 2006].

Em meados do século XIX iniciou-se um movimento a que história viria a chamar de “Hausmanização”. Tal epíteto deveu-se ao Barão Haussmann – também conhecido pelo “artista demolidor” – que, sob instruções de Napoleão III, levou a cabo o projeto de modernização e embelezamento estratégico da cidade de Paris, sob um discurso vanguardista e higienizador, proclamando a preocupação de mitigar o flagelo das epidemias e modernizar o centro da cidade. Escondiam-se, porém, intenções de impedir as barricadas e insurreições populares, na revolução francesa, bem como expulsar a classe trabalhadora para a periferia, reservando a área nobre para a nobreza e a burguesia emergente. A geometria da avenida e, em geral, o resultado final de tal intervenção, fez multiplicar as intervenções desta natureza em outras metrópoles. [Benjamin, 1997]

Hoje em dia, a demolição é encarada como um barómetro da atividade económica, na medida em que pode ser sinónimo de crescimento, expansão e renovação. Por todo o mundo, grandes cidades são constantemente renovadas, antigas fábricas são recuperadas e convertidas em novos espaços de escritórios ou residências, instalações industriais antigas são quase construídas de novo utilizando-se apenas o espaço existente para acomodar novas máquinas e equipamentos, alojamentos em ruínas são demolidos para dar lugar a novas habitações, entre muitos outros exemplos que ocorrem diariamente na indústria da demolição e construção [Diven, 2006].

Existe, em Portugal e na generalidade dos países desenvolvidos, um movimento de renovação do edificado, guiado por um conjunto de necessidades próprias. A necessidade de se aproveitar melhor as áreas urbanas com elevada densidade populacional leva a uma reorganização dos espaços existentes, conduzindo os proprietários dos edifícios mais antigos e degradados na procura de uma maior rentabilidade dos seus bens. As mudanças tecnológicas registadas recentemente, associadas às novas exigências do sector da construção civil, conduzem ao aparecimento de novos edifícios inteligentes e com elevados padrões de eficiência energética. Deste modo, os edifícios mais antigos, e nos quais se verifica a deterioração e/ou presença de materiais perigosos, apresentam uma necessidade de reparação, substituição ou remoção de alguns dos elementos que os constituem [Paulo, 2004], e onde as obras de demolição e a arte de demolir apresentam um papel preponderante. Atualmente, a atividade da demolição vai adquirindo um peso cada vez maior, dando origem a um tipo específico de serviços altamente especializados, capazes de satisfazer as mais variadas necessidades. Regra geral, podemos definir três necessidades básicas: (i) a substituição parcial de peças componentes das estruturas dos edifícios para efeitos de reparação; (ii) o desmantelamento de um conjunto determinado de peças, para a criação de espaços livres, de maiores dimensões, ou diferente disposição e utilização; (iii) a necessidade da demolição completa dos edifícios, com a finalidade de criar um maior desafogo no tecido urbano, ou para permitir a realização de novas obras com características tecnológicas recentes e/ou alterar a sua função de utilização.

É no entanto "uma conceção equivocada que a demolição é nada mais do que derrubar uma estrutura e transportar os resíduos para o aterro. Esse pressuposto está errado em muitos aspetos pois, em primeiro lugar, o processo de planeamento de uma obra de demolição e a sua execução de forma segura é de todo completamente diferente do que simplesmente "destruir" a estrutura e, em segundo lugar, a recuperação e tratamento dos materiais provenientes de obras de demolição tem uma importância tão grande como a demolição em si. Em alguns casos, quase toda a estrutura é aproveitada para a reutilização e reciclagem, conseguindo-se assim realizar obras de demolição com menores custos e eventuais lucros para o proprietário." [NADC, 1999] A demolição é também um trabalho de grande risco, complexo e único, para o qual são necessários conhecimentos, precauções, regulamentação rigorosa e medidas especiais de segurança que devem ser seguidas para evitar a ocorrência de danos, quer à vida humana, quer ao meio ambiente.

1.2 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é a definição dos princípios inerentes a um projeto de demolição, que se apresentarão resumidos na elaboração da proposta de um modelo de um plano de demolição. A motivação para o tema surge da necessidade de toda e qualquer obra de demolição necessitar de um plano de trabalhos bem definido, evitando atrasos, deslizes no orçamento e garantindo a segurança na execução dos trabalhos. Isto significa que planear a obra de demolição é uma parte crucial do processo, seja para a realização de trabalhos de reabilitação ou restauração do edificado, de expansão para a criação de maiores espaços livres, ou ainda para a remoção de estruturas inteiras. Pensa-se que a elaboração do estudo aqui apresentado é importante pois verificou-se que em Portugal não existe qualquer código de boas práticas, regulamento, ou norma publicados no que concerne ao planeamento de obras de demolição, ao contrário do que acontece em países como a Espanha, Grã-Bretanha, Japão, Estados Unidos, entre outros. Pretende-se assim elaborar uma proposta de um plano de demolição de uma forma prática, tendo em vista a sua possível aplicabilidade.

De forma a alcançar o objetivo principal, descrevem-se, de forma sucinta, as técnicas de demolição de edifício correntes disponíveis no mercado, nacional e internacional. Assim tomando como base o *British Standard Code of Practice for Demolition* [BS 6187, 2011], são aqui descritas as técnicas que se englobaram nos principais processos definidos pelo código: (i) demolição progressiva; (ii) demolição por colapso deliberado; (iii) desconstrução. Note-se que se dá um maior ênfase às condições de aplicabilidade e à sequência de procedimentos do que à descrição das técnicas em si, sendo estas já de conhecimento geral. Pretende-se assim contribuir para a normalização do tão vasto mercado existente de técnicas e métodos de demolição. A necessidade desta normalização de técnicas de demolição e, em geral, das obras de demolição, surge da enorme disparidade que existe entre as várias entidades que realizam este tipo de trabalhos. Esta desigualdade acontece não só ao nível das técnicas e métodos utilizados para atividades semelhantes, mas também ao nível económico, nos valores de rendimentos de mão-de-obra e de equipamentos e conseqüente preço unitário das atividades realizadas. Torna-se então necessária a conceção de um método capaz de definir de forma sistemática estes parâmetros, tanto a nível técnico do edifício como a nível económico. Define-se assim um objetivo secundário, o de encontrar um método de seleção de técnicas de demolição.

Espera-se que este estudo forneça informação mais específica e conhecimentos sobre a prática de demolição e o seu potencial em Portugal, principalmente no que diz respeito à forma de abordagem de uma obra de demolição, desde a fase mais precoce da obra até à entrega do espaço ao cliente. Deseja-se que os resultados do trabalho aqui apresentado vão de encontro às necessidades dos profissionais da área com o propósito de decidir, de uma forma sistemática e coerente, qual a melhor abordagem a adotar em obras de demolição, nomeadamente no que respeita à escolha do método de demolição.

De referir que a pretensão inicial deste trabalho seria a de efetuar uma análise de custos da atividade de demolição. No entanto, tal objetivo não foi conseguido pois, atualmente, a atividade da construção é diminuta em Portugal, o que impossibilitou a observação e análise de execução dos trabalhos necessária para a realização do estudo.

1.3 Estrutura da dissertação

Este trabalho encontra-se dividido em seis capítulos. Neste primeiro capítulo, é apresentado um enquadramento do tema em análise, bem como a motivação, os objetivos e a estrutura que compõe este trabalho.

No capítulo 2 é feito um enquadramento do sector da demolição em Portugal, incluindo um breve resumo da evolução do sector. A legislação aplicável a obras de demolição e ao tratamento de resíduos da construção é também aqui abordada. Por fim descrevem-se as principais fases que constituem um trabalho de demolição, assim como se identificam os principais custos envolvidos em obras de demolição.

O capítulo 3 refere-se à descrição das técnicas de demolição normalmente utilizadas. Nele são apresentadas as diferentes possibilidades de aplicação de cada técnica, sem esquecer o importante papel da segurança. Apresenta-se ainda uma tabela onde é avaliada a aplicabilidade de cada uma das técnicas acima descritas.

O capítulo 4 aborda o tema da seleção das técnicas de demolição. Assim, é descrito o conhecimento existente acerca dos diferentes critérios de seleção existentes e que auxiliam a tomada de decisão, apresentando-se também um modelo sistemático de escolha da técnica de demolição a adotar e que respeita os critérios de seleção estudados, tanto ao nível das especificações técnicas do edifício como ao nível económico de cada uma das técnicas.

No capítulo 5 é apresentada uma proposta para a elaboração de um modelo de plano de demolição. São apresentadas as premissas gerais que um projeto de demolição deve respeitar, incluindo um exemplo de regras de elaboração de um plano de demolição desenvolvido pela *British Standard*, e um outro, a nível nacional, elaborado pela AECOPS e que consiste na definição de linhas orientadoras a observar num processo de demolição.

Por fim, no capítulo 6, são apresentadas as principais conclusões deste trabalho, as dificuldades que foram surgindo durante a sua realização, bem como as possibilidades de desenvolvimentos futuros.

– CAPÍTULO 2 –

ENQUADRAMENTO DO SETOR DA DEMOLIÇÃO

2.1 Definição

Existem diversas definições do termo “demolição”. A Lei n.º 60/07, de 4 de Setembro - definição dada pela alínea g) do artigo 2º do D/L n.º 555/99, entende por “ obras de demolição” as obras de destruição, total ou parcial, de uma edificação existente. No código britânico de boas práticas para demolição [BS 6187, 2011], a demolição é definida como “a remoção controlada de elementos selecionados da estrutura, ou elementos “chave”, de modo a causar o colapso de toda a estrutura ou de parte dela”. O departamento de edifícios japonês [Buildings Dep Jp, 2011] define o termo como o processo de “desmantelar, arrasar, destruir ou desfazer qualquer edifício ou estrutura num todo ou em parte, através de métodos pré planeados e controlados”.

Tendo em conta estas definições, entendeu-se por bem clarificar o significado do termo “demolição” empregue ao longo deste trabalho. Assim, a utilização do termo “demolição” neste texto compreende todos os trabalhos de remoção, desmontagem, destruição, demolição ou derrubamento realizados em qualquer edifício ou estrutura, de uma forma planeada e com o uso de técnicas controladas de modo a causar colapso completo ou parcial de um elemento, edifício ou estrutura.

2.2 Evolução do sector da demolição

Ao longo dos séculos foram-se modificando gradualmente os materiais empregues na construção, bem como os processos construtivos utilizados, face aos objetivos que se pretendiam alcançar, às tecnologias disponíveis, às contingências económicas e às exigências regulamentares. Em meados do século XX, ainda não existiam processos de demolição específicos, visto que as necessidades e as exigências de então eram consideradas nulas ou de irrelevante importância, recorrendo-se para o efeito e muito raramente, aos métodos simples que existiam, como métodos manuais ou o uso de cordas puxadas por “força braçal” ou com recurso a animais. [Baldasso, 2005]

Nos últimos 25 anos, a indústria da demolição sofreu uma transformação radical devido à necessidade de acompanhar a evolução na construção, pois novos métodos construtivos implicam, por vezes, novos métodos de demolição. Também os novos regulamentos de segurança nos trabalhos da construção e as normas de higiene e saúde públicas foram condicionantes para a evolução e transformação da indústria da demolição. Transformações ao nível dos equipamentos são notórias em várias áreas: retroscavadoras hidráulicas com braços de longo alcance e acessórios especializados substituíram outras máquinas como as gruas de rasto e bolas de demolição; a segurança na obra de demolição e os

procedimentos no local foram significativamente melhorados; e surgiram empreiteiros de demolição que se tornaram especialistas altamente qualificados na arte de demolição. Além desta transformação, foram sendo revistos e melhorados os guias de boas práticas, as normas e os regulamentos existentes, exceto em Portugal, onde permaneceu o regulamento de segurança no trabalho da construção civil de 1958 [Brydon, 1998]. No entanto, em Inglaterra, foi publicado o *British Standard Code of Practice for Demolition* [Brydon, 1991], que foi revisto e reeditado quatro vezes desde a sua introdução em 1971.

A mecanização dos trabalhos de demolição começou no final dos anos 1950 com a introdução do martelo pneumático de mão e bolas de aço. As lajes de edifícios de vários andares foram demolidas pela primeira vez em recorrendo à bola de demolição, utilizando-se posteriormente o martelo pneumático para a demolição das suas extremidades, normalmente vigadas. Finalmente, os restantes elementos, tais como os paramentos de grandes dimensões, muitas vezes de vários vãos e andares, foram derrubados numa única operação, com o auxílio de cabos, puxando os paramentos fazendo-os cair para o exterior, ou empurrando-os para o interior de edifício. [Kasai, 1998]

A construção de edifícios com estrutura mista de betão e aço durante os anos 1960-1970 trouxe novas exigências sobre as técnicas de demolição. Assim, desde 1967 que têm sido desenvolvidos no Japão agentes de demolição expansivos por processos químicos e que se encontram disponíveis como produtos comerciais desde 1978 [Kasai, 1998]. A remoção da superfície de betão por meio da técnica de aquecimento das armaduras usando corrente alternada foi outro desenvolvimento japonês em 1968 e que mais tarde foi utilizado para a demolição de estruturas especiais [Brydon, 1991].

Outro dos desenvolvimentos mais importantes em técnicas de demolição foi a introdução de trituradores de betão, ocorrida em Inglaterra no ano de 1975. Durante este período, os fabricantes e empreiteiros da construção civil desenvolveram trituradores hidráulicos para betão com as mais variadas formas e fins, muitos dos quais ainda hoje utilizados. [Brydon, 1991]

Em 1979, um estudo sobre a demolição do *Japan Power Demonstration Reactor* pelo *Japan Atomic Energy Research Institute* [Brydon, 1991], resultou em muitos desenvolvimentos úteis para a indústria da demolição de estruturas de betão armado através do uso de explosivos, de máquinas de perfuração, de grandes cortadores de lâmina diamantada, de jato de água com agentes de abrasivos e de soluções para a decapagem de superfícies de betão com a utilização de micro-ondas [Kasai, 1998]. Em 1981, foi introduzido o fio de serra diamantado para o corte de betão armado, esperando-se que esta técnica fosse posteriormente objeto de novos desenvolvimentos, facto este que se veio a confirmar [Brydon, 1991].

Desde que, há mais de 300 anos, se utilizou explosivos na demolição de estruturas, que muitos químicos, inventores e especialistas em demolição têm estudado e desenvolvido técnicas para o seu emprego em segurança, tornando-se hoje em dia na denominada indústria de demolição pelo uso de explosivos [Brent Blanchard, 2002]. No início do século XIX, foram inventados e colocados em

prática para o uso em demolições, a nitroglicerina, a dinamite e detonadores de pólvora, surgindo como uma alternativa segura e eficiente às técnicas de demolição convencionais, baseadas em pólvora. Mais tarde, no século XX, foram desenvolvidas tecnologias de cargas plásticas combinadas com a sismologia portátil e sistemas de atraso não-elétricos, permitindo uma variedade cada vez maior de estruturas a serem demolidas por este processo. [Liss, 2000].

Hoje em dia, os empreiteiros de obras de demolição voltam-se cada vez mais para o uso de escavadoras hidráulicas, por se julgar a melhor solução em termos de relação custo/eficiência. A implementação de sistemas hidráulicos em máquinas tem os seus primórdios nas máquinas agrícolas de movimentação de terras, mas que rapidamente foram introduzidas em escavadoras e miniescavadoras utilizadas na construção civil. Estes equipamentos são atualmente usados para quase todas as tarefas de demolição, desde a desmontagem de uma cobertura até à demolição e remoção das fundações, conseguindo substituir as dominantes carregadoras de rasto, as gruas de rasto e a demolição com bola [Polman, 2000]. Uma grande vantagem das escavadoras é a possibilidade de poderem ser modificadas para atender às necessidades do projeto de demolição em causa, permitindo ajustar os sistemas hidráulicos de forma a coincidir com os fluxos e pressões dos diferentes acessórios que se pretendem acoplar. A maioria das escavadoras de longo alcance que hoje se utilizam atingem alturas que variam entre os 15 e os 25 metros, embora já existam unidades de grande porte a ultrapassar a barreira dos 40 metros [Halberstadt, 1996]. Igualmente comum na indústria de demolição atual, é o uso de técnicas com uma sequência de cima para baixo, ou “Top-Down” (vd. capítulo 3), onde miniescavadoras e minicarregadoras equipadas com martelos hidráulicos pequenos e poderosos são usadas na demolição dos andares superiores da estrutura.

Tal como foi dito anteriormente, a indústria da demolição tem sofrido grandes transformações e evoluções de modo a acompanhar as novas técnicas de construção e respeitando as novas normas e regulamentos. Ao mesmo tempo, sente-se atualmente a necessidade social e política de apresentar uma cidade de “cara lavada”, com aspeto novo e moderno, principalmente em zonas densamente edificadas, onde muitas vezes o edifício em causa está confinado por dois ou mais lados, tornando a segurança das pessoas e edifícios vizinhos uma alta prioridade. Assim, a seleção das técnicas de demolição tem cada vez maior importância pois nem todas as técnicas de demolição cumprem os requisitos atuais. Verifica-se que o processo de demolição se está a tornar num processo complexo e exigente, com prazos de execução cada vez mais curtos e num mercado de competição cada vez mais difícil. Estas exigências crescentes fazem com que cada vez mais haja a necessidade de realização de estudos acerca da constante evolução do setor, da formação da mão-de-obra, da preparação dos materiais, sem esquecer a introdução constante de novas técnicas. [Brydon, 1991]

2.3 O setor da demolição em Portugal

Em Portugal tem-se assistido a uma renovação contínua dos centros urbanos em consequência do que já acima foi mencionado: (i) aumento da densidade populacional, levando a um melhor aproveitamento do solo; (ii) fator tecnológico e de conforto, também responsável por uma remodelação do parque habitacional dos grandes centros urbanos, havendo a necessidade de se efetuar demolições parciais para, por exemplo, aumentar a eficiência energética de um edifício; e (iii) a forte degradação física a que os edifícios dos centros urbanos estão sujeitos provocada, por exemplo, pelos agentes químicos presentes no ar, tornando-se num aspeto que pode promover a demolição parcial para reconstrução.

De modo a retratar a evolução do sector das demolições ocorridas em Portugal requisitou-se ao Instituto Nacional de Estatísticas (INE), dados que pudessem revelar tal evolução. Foram facultados os dados referentes ao número de licenças de construção e demolição, passadas pelas Câmaras Municipais (CM), e que são apresentados na Tabela 1. Nas Figuras 1 e 2 encontra-se apresentada a mesma informação sob a forma gráfica, onde se pode observar a tendência de decréscimo do sector das construções novas, que é, aliás, um fenómeno comumente reconhecido nos centros urbanos, dando lugar ao progresso dos sectores de intervenção sobre o parque edificado. De referir que, de acordo com a designação do INE, as obras de reconstrução são aquelas que envolvem a demolição da estrutura existente para a construção de uma outra, ao passo que as obras de demolição dizem respeito, somente, à destruição total ou parcial de uma construção. Nesta designação, não é claro se a demolição numa reconstrução é independente da contagem de obras de demolição licenciadas ou se, pelo contrário, o licenciamento de obras de demolição inclui a parte correspondente das obras de reconstrução.

Tabela 1 - Edifícios licenciados entre os anos de 2002 e 2012 [INE, 2013].

Edifícios licenciados pelas câmaras municipais, segundo o tipo e destino em Portugal									
Ano	Total	Habitação Familiar	Alterações e Ampliações		Construções novas		Reconstruções		Demolições
			Total	Habitação Familiar	Total	Habitação Familiar	Total	Habitação Familiar	Total
2002	60954	48388	8386	6323	47638	39896	2643	2169	2287
2003	54750	43563	7923	5836	42392	35545	2471	2182	1964
2004	51953	40450	8033	5857	39691	32987	1843	1606	2386
2005	50374	39709	8167	6003	38602	32428	1471	1278	2134
2006	49005	37905	8090	5924	36704	30776	1383	1205	2828
2007	45592	34810	7854	5629	34146	28252	1084	929	2508
2008	38988	28495	7447	5184	28181	22477	984	834	2376
2009	30838	21540	6964	4734	20811	16059	904	747	2159
2010	27977	19675	6150	4143	19409	14888	814	644	1604
2011	25121	16765	6647	4381	16122	11843	725	541	1627
2012	20788	12741	6144	3929	12205	8245	785	567	1654

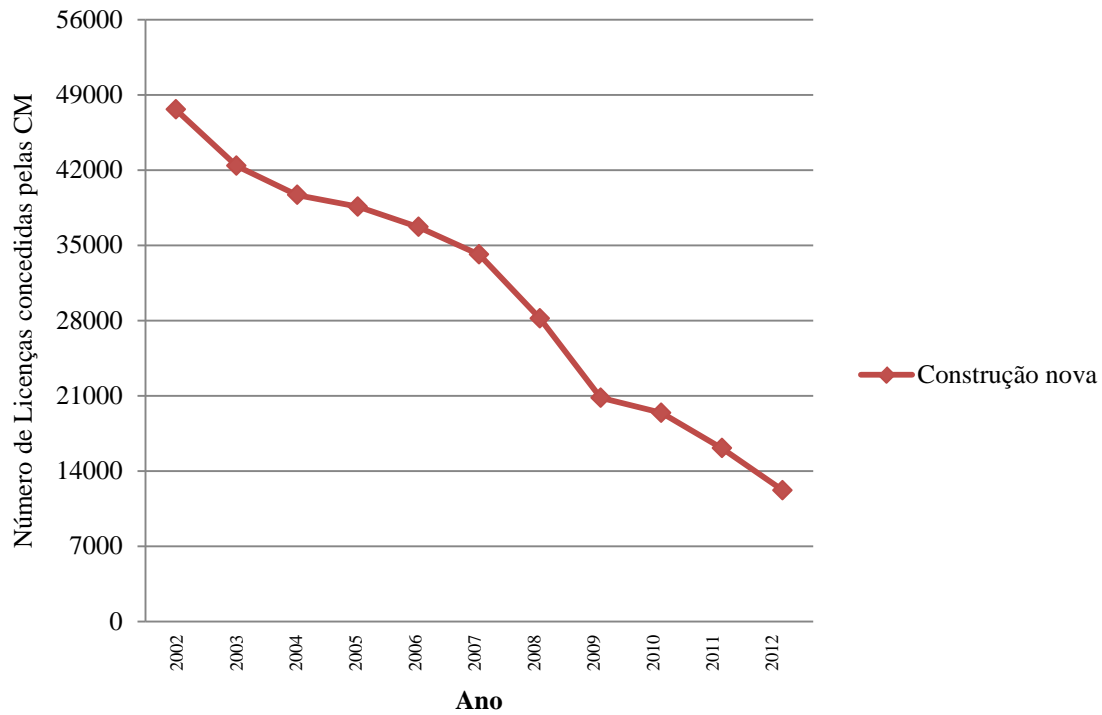


Figura 1 - Evolução do número de edifícios licenciados para obras de construção nova [INE, 2013].

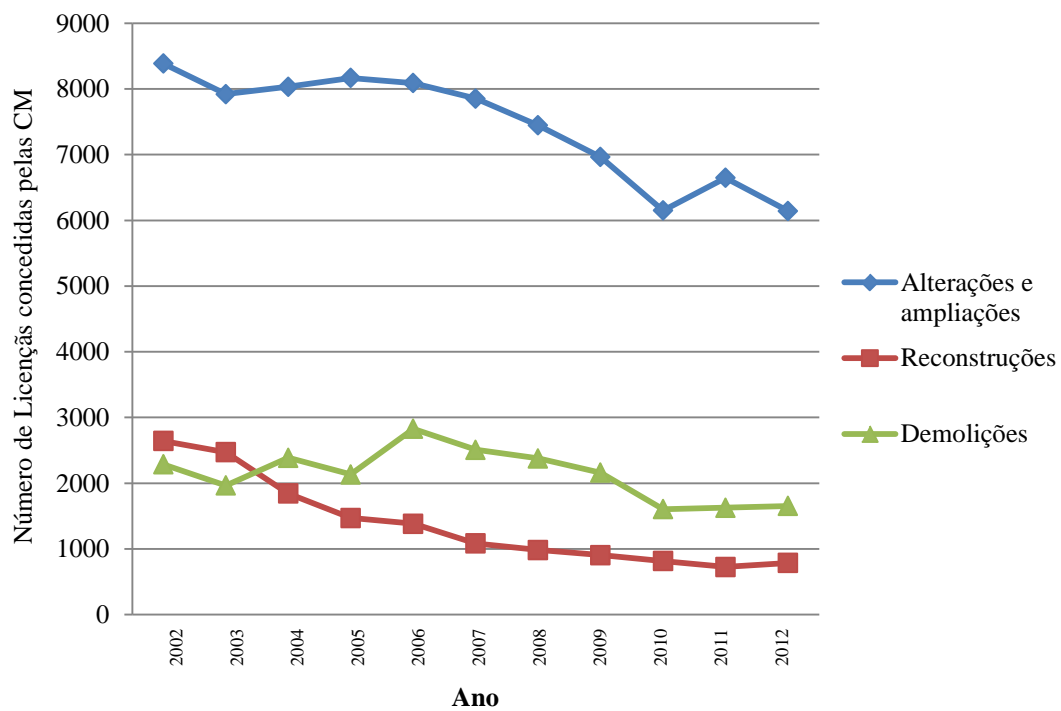


Figura 2 - Evolução do número de edifícios licenciados referentes a obras de alteração e ampliação, reconstrução e demolição [INE, 2013].

De acordo com o gráfico da Figura 1 pode observar-se que o número de construções novas tem vindo a diminuir de uma forma mais ou menos constante, pelo que se pode adivinhar que sectores como o da

reabilitação terão de crescer. Este decréscimo de novas construções, associado aos valores mais ou menos constantes de demolições implica que o mercado da construção civil deveria começar a preferir manter, recuperar, reconstruir ou modificar as construções já existentes no parque habitacional português em detrimento da construção de novas edificações. No entanto, dado a atual crise económica que se vive no nosso país, isso não se reflete em valores crescentes deste tipo de obras como seria expectável. Ainda assim, a Agência Europeia de Demolição (AED), da qual Portugal faz parte, prevê uma estabilização do crescimento da produção de escombros provenientes da atividade de demolição [AED, 2013] (Figura 3). O crescimento verificado em Portugal nas últimas décadas deve-se ao fato de grande parte do seu parque habitacional estar bastante degradado, fruto da sua idade avançada. A estabilização que a agência prevê é, mais uma vez, consequência da crise pela qual o setor da construção está a passar.

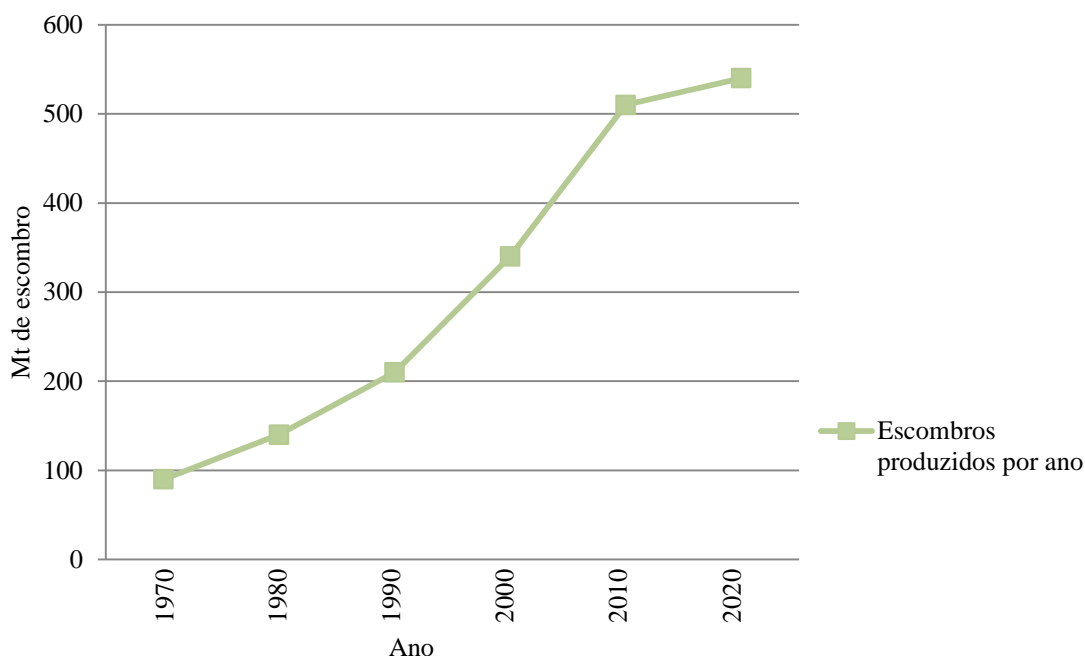


Figura 3 - Quantidade de escombros produzidos por obras de demolição em Portugal [AED, 2013].

Em Portugal já foram realizadas obras de demolição de grande envergadura e que merecem algum destaque, como a demolição das torres de Tróia, em Setúbal, no ano de 2005. Para esta obra recorreu-se ao uso de cargas explosivas para provocar a implosão e consequente derrube. O hotel Atlantis na Madeira foi outro caso de demolição pelo uso controlado de explosivos no ano de 2000. No entanto, não existem muitos casos de demolição de estruturas pelo uso controlado de explosivos. Outra obra de demolição com alguma complexidade, embora tenha sido realizada com recurso a meios mecânicos, foi a demolição do Hotel Estoril Sol em Cascais no ano de 2007.

2.4 Legislação aplicável

2.4.1 Âmbito nacional

Tal como anteriormente referido, Portugal não possui qualquer documento normativo que regule a execução de um projeto de demolição ou especifique os procedimentos e a sequência dos trabalhos a realizar. No entanto, existem planos de gestão dos resíduos provenientes da demolição e correspondente legislação, resultantes da transposição para o Direito nacional de uma série de normativas da responsabilidade da Comissão Europeia (CE) [PCED II, 2012]. Nos últimos anos, tem-se vindo a desenvolver uma política de prevenção, reutilização e valorização destes resíduos para fins de implementação de sistemas de gestão que respeitem acima de tudo a saúde da população e a integridade do Meio Ambiente, tendo em vista um conceito muito importante e que é o da sustentabilidade do desenvolvimento [Muñoz, 2004].

No que concerne à gestão de resíduos em Portugal, existem planos nacionais de gestão de resíduos atribuídos às atividades industrial, urbana, agrícola e hospitalar que assentam nos princípios proclamados por programas comunitários da CE. Estes planos estão subordinados ao Regime Geral de Gestão de Resíduos (RGGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 178/2006, com uma republicação no Decreto-Lei n.º 73/2011. Na área da construção civil aplica-se o Regime das operações de gestão de construção e demolição transcrito no Decreto-Lei n.º 46/2008. Existem também outras portarias e decretos específicos para determinados produtos, como é o exemplo do amianto (Decreto-Lei n.º 266/2007) e uma lista europeia de resíduos (Portaria n.º 209/2004).

No que diz respeito à segurança em obras de demolição, surge em termos gerais, o Regulamento de segurança no trabalho da construção civil previsto no Decreto-Lei n.º 41821/58, de 11 de Agosto de 1958, pelos Ministérios das Obras Públicas e das Corporações e Previdência Social.

Considera-se ainda o Código dos Contratos Públicos (CCP), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 18/2008, de 29 de janeiro, e pela Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de Julho, como elemento importante na realização de qualquer projeto de construção civil, como regulamentador de qualquer proposta.

2.4.2 Âmbito internacional

A legislação existente em outros países será aqui tratada apenas de um modo superficial e no que respeita a obras de demolição *per si*, sem se proceder a análise de normas de segurança e higiene específicas ou normas de gestão de resíduos da construção.

Na Austrália, existe uma norma para gerenciar os riscos para a saúde e segurança associados a trabalhos de demolição. *Code of practice, demolition work* [Safe Work Au, 2012] constitui um código

de boas práticas que é um guia prático para a realização dos trabalhos de demolição e desconstrução [Chini, 2001].

No Japão, regem-se por um código de boas práticas denominado de *Code of practice for demolition of buildings* [Buildings Dep Jp, 2011], datado de 1998, com a última atualização efetuada no ano de 2011. Este código fornece orientações sobre segurança e boas práticas na realização de obras de demolição em conformidade com os requisitos das disposições gerais constantes nos regulamentos da construção e demolição de edifícios.

Na Alemanha, as entidades competentes têm elaborado, nos últimos anos, uma série de guias relativos à demolição e à desconstrução, com informação sobre como desenvolver os trabalhos nestas obras de forma económica sem, contudo, descuidar as exigências ambientais. [Chini, 2001]

No Reino Unido, encontra-se publicada uma norma designada por *Demolition Code of Practice*, redigida pelo *British Standard* [BS 6187, 2011]. Esta norma constitui, à semelhança dos documentos anteriores, especificações para todo o processo de demolição, desde a iniciação das obras às suas fases de execução, passando pelo planeamento dos trabalhos. Esta norma integra ainda informação sobre a conceção de um projeto de demolição e a sua gestão, reconhecimento prévio, avaliação de riscos, processos de desmontagem, requisitos ambientais e formas de suporte de fachadas. Além disso, descreve as técnicas de demolição e as soluções de reutilização e reciclagem dos seus resíduos, incluindo princípios sobre zonas de exclusão, a sua conceção e implantação [Chini, 2001].

Na Catalunha, em Espanha, pode-se encontrar o *Manual de desconstrucció* [ITCC, 1995], exclusivamente dedicado ao processo de desconstrução e que fornece linhas orientadoras para a execução de um projeto de demolição, incluindo as técnicas inerentes aos respetivos trabalhos, e respeitando as normas e regulamentos nacionais.

2.5 O processo de demolição

O processo de demolição pode ser dividido em quatro fases principais: a adjudicação, a pré demolição, a demolição propriamente dita e a pós demolição [Abdullah, 2003]. Na Figura 4 apresenta-se um fluxograma que permite observar e relacionar as subfases inclusas nestas quatro fases principais. Estas etapas do processo de demolição serão de seguida discutidas de modo a fornecer uma melhor compreensão do processo de demolição e da sua importância para a elaboração do plano de demolição.

2.5.1 Fase de adjudicação

O processo de demolição começa quando o cliente toma a decisão de demolir o edifício ou estrutura. São então convidados a participar no concurso de adjudicação as empresas que tenham capacidade comprovada para executar a obra, apresentando as suas propostas e sobre as quais assentará

posteriormente a escolha. Todas as empresas receberão toda e qualquer informação acerca da obra e do seu local, bem como outras informações consideradas relevantes para poderem realizar um plano de avaliação de risco. Tal plano deve identificar e prever todos os riscos associados ao trabalho, planejando a sua eliminação ou redução antes de se dar início aos trabalhos. A parte crucial nesta etapa passa pela escolha do método de demolição a aplicar, tendo em conta os riscos associados anteriormente previstos, bem como todos os fatores que para isso contribuam, como por exemplo, o tipo de estrutura ou o prazo para a execução da obra. Finalmente, as propostas são então apresentadas ao cliente, podendo assim ser adjudicada a obra a uma das empresas participantes. [Abdullah, 2003]

Nota 1: Na prática as empresas não têm uma estrutura capaz de decidir com grande eficácia o método de demolição que melhor se aplicará em cada caso, fazendo a sua escolha com base na experiência do passado e atendendo a algumas especificações dos métodos de demolição. [Abdullah, 2003]

Nota 2: Caso se trate de uma obra de índole privado, o processo de adjudicação será dispensado pois o cliente tem liberdade na selecção da empresa. No entanto, todas as outras atividades desta fase terão de ser cumpridas, nomeadamente a escolha da técnica e empregar e a elaboração de um plano de risco.

2.5.2 Fase de pré demolição

A fase de pré demolição envolve os processos que a seguir se apresentam. O primeiro processo passa pela preparação do local da demolição: este processo pode incluir, se necessário, a colocação de vedações em torno da obra e eventual implementação de instalações acessórias de apoio ao pessoal, como escritórios, lavabos, refeitórios, no caso de se tratar de uma obra de grande envergadura. [Abdullah, 2003]. O procedimento seguinte é o da desativação: este é definido pela BS 6187 (2011) como o processo em que uma área é transitada do seu estado perfeitamente operacional, com todos os seus serviços a funcionar, para uma área onde não existe qualquer serviço ou sistema de redes, quer aéreas quer no subsolo, eliminando-se assim o risco de dano nesses sistemas. O processo de desativação inclui tanto a eliminação de todos os elementos potencialmente tóxicos (amianto, baterias, óleos), como a desativação de redes elétricas, de água e gás e, eventualmente, a remoção de depósitos de água ou geradores auxiliares de energia no topo do edifício ou na casa de máquinas. O terceiro processo nesta fase da demolição trata da reutilização e reciclagem. Nesta fase são retirados todos os materiais com potencial de reutilização ou de reciclagem. Procede-se então à remoção, se possível, de elementos de revestimento como mosaicos de pedra, revestimentos metálicos ou de madeira. Materiais de portas e de janelas que tenham potencial de reutilização são também retirados, quer para reutilização quer para reciclagem e uso alternativo. Metais como o alumínio, o aço inoxidável e o cobre são os materiais que mais são reciclados. Todos os elementos de embelezamento arquitetónico interior e exterior são também retirados, bem como o mobiliário e equipamento de casas de banho ou de cozinhas. [NADC, 1996]

2.5.3 Fase de demolição propriamente dita

Tal como o nome indica, é nesta fase que se procede à demolição da estrutura. Existem três tipos principais de demolição estrutural definidos pelo BS 6187 (2011): demolição progressiva, demolição por colapso deliberado da estrutura e desconstrução. Para cada um deles existem outras técnicas que podem ser utilizadas. O processo de demolição da estrutura é previamente definido pela empresa contratada na fase de adjudicação.

O processo de reutilização e reciclagem descrito na fase de pré demolição pode também ser executado nesta fase, embora de uma forma progressiva. A sua execução é possível graças ao avanço da tecnologia empregue nas técnicas e presente nos equipamentos, conseguindo assim proceder-se a uma demolição faseada, com reutilização de elementos e separação dos detritos da demolição para posterior reciclagem ou reutilização. [Abdullah, 2003] Os metais existentes em reforços ou em armaduras podem ser reciclados para as mais diversas utilizações, os detritos do betão são britados e reutilizados como agregado ou como constituintes de camadas de bases e sub-bases de pavimentos rodoviários, designados de agregados britados de granulometria extensa (ABGE), conseguindo-se desta forma obter uma quantidade mínima de detritos para vazadouro. [NADC, 1996]

2.5.4 Fase de pós demolição

O processo final é o da liberação do local de obra, que deve ser deixado limpo e em segurança. Todos os poços, fossas ou trincheiras devem ser cheios e, se necessário, vedados. Deve também ser garantido o bom funcionamento do sistema de drenagem de águas, de modo a evitar complicações futuras com a acumulação de água nos terrenos. Todos os contaminantes devem ser removidos, ou se tiverem de ser deixados no local da obra, deve garantir-se que não causam qualquer dano ao ambiente. Por fim, o técnico de higiene e segurança deve assegurar que todos estes procedimentos foram efetuados antes de se proceder à entrega da obra ao cliente. [Abdullah, 2003]. Na Figura 4 é apresentado um fluxograma que permite a visualização das várias fases do processo de demolição e sua composição.

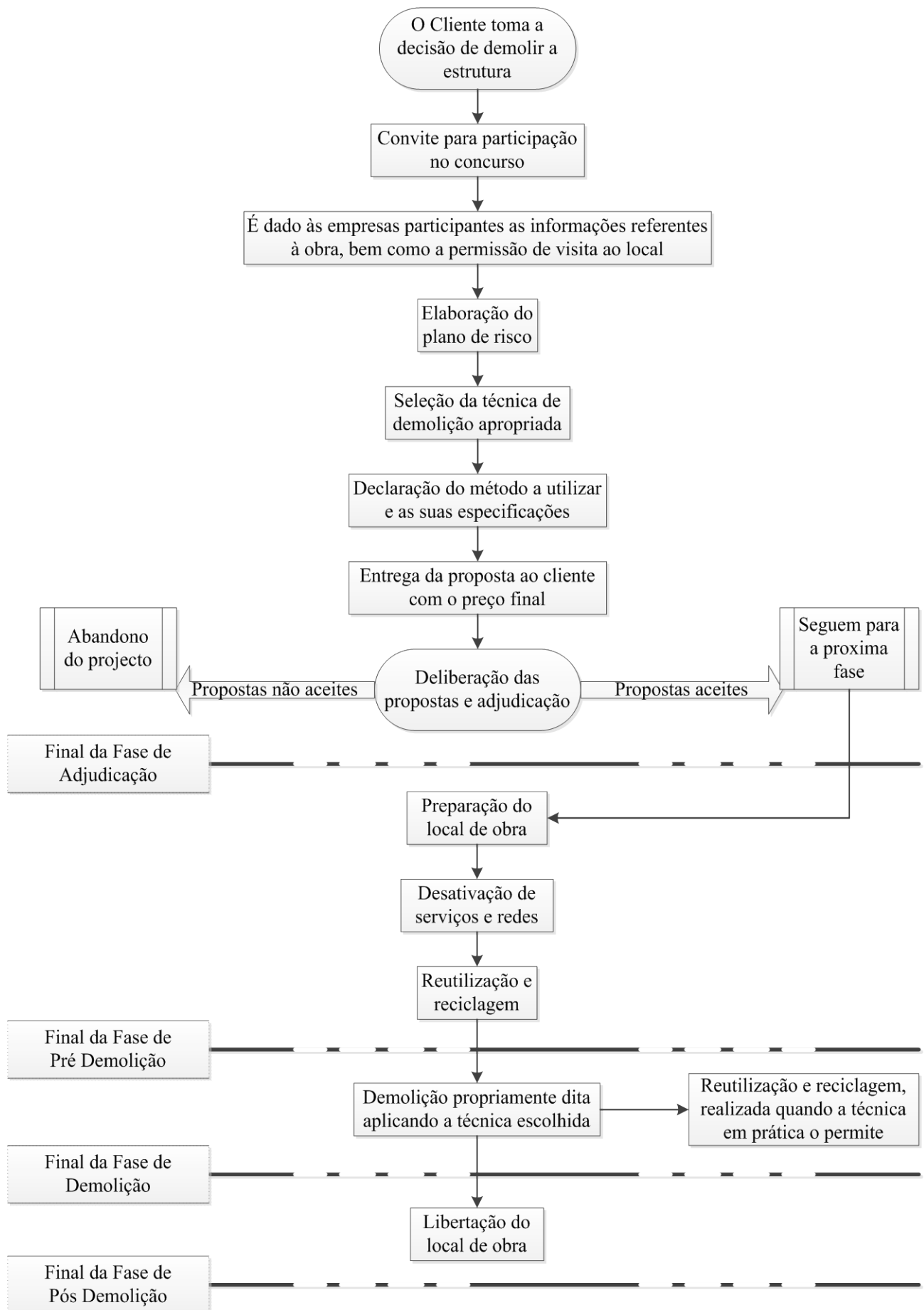


Figura 4 - Fluxograma do processo de demolição, com a identificação das fases [Abdullah *et al.*, 2006].

2.6 Principais custos envolvidos em obras de demolição

Ao longo dos anos têm sido desenvolvidos vários estudos na área dos custos dos trabalhos de construção de edifícios. Mas, de uma forma geral, estes estudos não abrangem os trabalhos de demolição, pelo que se verificam grandes disparidades orçamentais. Muitas vezes, os trabalhos de demolição incluídos numa determinada obra, são considerados no orçamento como uma tarefa única, sem discriminação das suas componentes, o que impossibilita a análise dos custos por tarefa. No entanto, de acordo com Lyle [2003], os custos devem ser divididos em categorias e seções que são contáveis, a fim de atingir o custo total do projeto. Existem vários meios para categorizar as atividades de demolição. Poder-se-á, por exemplo, efetuar uma análise mais aprofundada dos fatores inerentes aos custos de demolição, tanto relativamente os custos “de entrada”, como aos custos “de saída” do projeto de demolição. Entendem-se como custos de entrada aqueles que são necessários para a realização da obra de demolição, nomeadamente os incluídos na fase pré-demolição e no processo de demolição propriamente dito. Os custos de saída estão relacionados com os detritos da demolição e os fins que estes terão, atendendo à sua possível reutilização num outro edifício ou à sua comercialização, tornando-se assim a reciclagem e o reaproveitamento dos detritos num novo motivo de análise de custo. Se for aprofundado um estudo nesta temática poder-se-á, eventualmente, conseguir reduzir os custos de “entrada” com o eventual lucro proveniente dos detritos da demolição. [Liu *et al.*, 2011]

Uma listagem das principais componentes que originam custos numa obra de demolição é apresentada na Tabela 2, desenvolvida por Abdullah (2003). Nesta tabela, são referidas as atividades de demolição propriamente dita e as atividades secundárias à obra de demolição. Note-se que os custos da segunda coluna da tabela podem ainda ser subdivididos, encontrando-se muitos deles aqui omissos. No entanto, o que foi apresentado por Abdullah compreende, de uma forma geral, as atividades mais comuns observadas em obras de demolição e servirá como base para o desenvolvimento de um sistema de selecção dos métodos de demolição a empregar numa obra e que é posteriormente apresentado.

Tabela 2 - Custos gerais numa obra de demolição [Abdullah, 2003]

Principais custos na demolição	Custos secundários aos principais
Custos relacionados com o estaleiro da obra	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Construções temporárias de instalações acessórias de apoio ao pessoal; ▪ Equipamentos de proteção individual e coletivo; ▪ Limpeza inicial do local de obra, principalmente em casos de edifícios há muito abandonados.
Custos de limpeza e desativação de serviços e redes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Remoção de materiais com presença de amianto; ▪ Remoção e/ou limpeza de todos os materiais e elementos, contaminantes ou contaminados; ▪ Desconexão de todos os serviços e redes internas;
Custos de remoção de elementos acessórios à construção	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Todos os elementos que sejam possíveis de remover de casas de banho, como sanitas, bacias, banheiras se possível, etc.. ▪ Remoção de telhas; ▪ Tetos falsos interiores; ▪ Paredes divisórias de gesso cartonado e materiais semelhantes; ▪ Portas interiores e exteriores; ▪ Janelas e caixilhos.
Custos de vazadouro	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Esmagamento dos elementos no local de obra para facilitar o transporte; ▪ Custos de carregamentos/descarregamento e transporte a vazadouro dos detritos; ▪ Custos de vazadouro.
Custos da demolição propriamente dita para demolição progressiva	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Custos de mão-de-obra (trabalhadores de modo geral, supervisores, encarregados, engenheiros, etc.); ▪ Custos de equipamentos, sejam eles comprados ou alugados: <ul style="list-style-type: none"> - Retroescavadora com acessórios necessários; - Grua e bola de demolição; - Outro tipo de maquinaria e acessórios necessários; - Equipamentos de demolição manual para trabalhos secundários e andaimes se necessário; - Escoramentos e criação de rampas provisórias.

Tabela 3 (cont.) - Custos gerais numa obra de demolição [Abdullah, 2003]

Principais custos na demolição	Custos secundários aos principais
Custos da demolição propriamente dita para demolição por colapso deliberado	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Custos de mão-de-obra (trabalhadores de modo geral, supervisores, encarregados, engenheiros, especialistas, etc.); ▪ Custos de equipamentos, sejam eles comprados ou alugados: <ul style="list-style-type: none"> - Outro tipo de maquinaria e acessórios necessários; - Equipamentos de demolição manual para trabalhos secundários e andaimes se necessário. ▪ Custos da implosão; <ul style="list-style-type: none"> - Custos de perfuração e da máquina de perfuração; - Custos dos explosivos e de materiais acessórios a estes; - Custos de evacuação da zona e de equipamentos de proteção.
Custos da demolição propriamente dita para desconstrução	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Custos de mão-de-obra (trabalhadores de modo geral, supervisores, encarregados, engenheiros, etc.); ▪ Custos de equipamentos, sejam eles comprados ou alugados: <ul style="list-style-type: none"> - Outro tipo maquinaria e acessórios necessários; - Equipamentos de demolição manual para trabalhos secundários e andaimes se necessário. - Equipamentos para técnicas especiais como hidrodemolição e afins; - Escoramentos e criação de rampas provisórias.
Custos gerais imediatamente anteriores ao início dos trabalhos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seguros; ▪ Licenças; ▪ Vedações de segurança e delimitação; ▪ Despesas de administração.

– CAPÍTULO 3 –

TÉCNICAS DE DEMOLIÇÃO E EQUIPAMENTOS

UTILIZADOS

3.1 Generalidades

A necessidade encontrar novos processos de demolição mais rápidos e eficientes começou a delinear-se como indispensável à indústria da construção em meados do século passado. Esta necessidade e conseqüente evolução verifica-se dada a importância que esta atividade tem no meio social, através da substituição ou remoção completa de estruturas em más condições por outras novas e modernas, integradas num contexto social fundamental para o desenvolvimento e progresso do mundo moderno. [Paulo, 2004]

Os métodos de demolição tradicionais utilizados na maioria dos projetos de demolição consistem em desfazer a construção por andares e, naturalmente, de cima para baixo, especialmente para as construções situadas em áreas urbanas densamente ocupadas. Outros métodos, como os mecânicos por cabos ou com o auxílio de maquinaria pesada, aplicados a partir do exterior do edifício, podem ser adequados para projetos nos quais o edifício está situado num espaço aberto suficientemente grande para a atuação das técnicas em causa. Para estruturas em consola, tais como varandas, alpendres e similares, que se estendem além das linhas de construção, a demolição manual ou o corte e posterior elevação das estruturas será o processo ideal para uma solução mais segura. Os métodos que utilizam a bola de demolição, bem como os métodos que recorrem ao uso de agentes explosivos devem ser adaptados com extremo cuidado e planeadas as adequadas medidas de segurança. [Buildings Dep Jp, 2011] Pretendem-se, assim, explorar os métodos de demolição utilizados em estruturas, referindo-se entre outros, a especificidade da utilização, a seqüência de procedimentos, etc..

As técnicas de demolição que aqui se apresentam não trazem nada de novo ao nível das tecnologias de demolição, sendo por isso a sua descrição feita de uma forma sucinta. Dá-se, no entanto, ênfase aos procedimentos de execução das técnicas e a algumas normas de segurança a verificar durante a realização das mesmas. As seqüências construtivas apresentadas dizem respeito aos elementos estruturais mais comuns. Deve ainda ter-se em conta que cada obra tem as suas características e condições específicas, assim como cada método de demolição possui procedimentos únicos, os quais devem ser analisados individualmente. As aplicações de cada método de demolição encontram-se resumidas nas tabelas apresentadas na secção 3.7.

Tal como já foi referido, segundo o “British Standard Code of Practice for Demolition” [BS 6187, 2011], existem três tipos principais de demolição estrutural, são eles: demolição progressiva, colapso deliberado da estrutura e desconstrução ou remoção progressiva de elementos. Cada um deles incorpora métodos de demolição específicos, mas que podem ser também utilizados por outros. Apresentam-se abaixo as figuras 5, 6 e 7, para uma melhor percepção deste conceito.

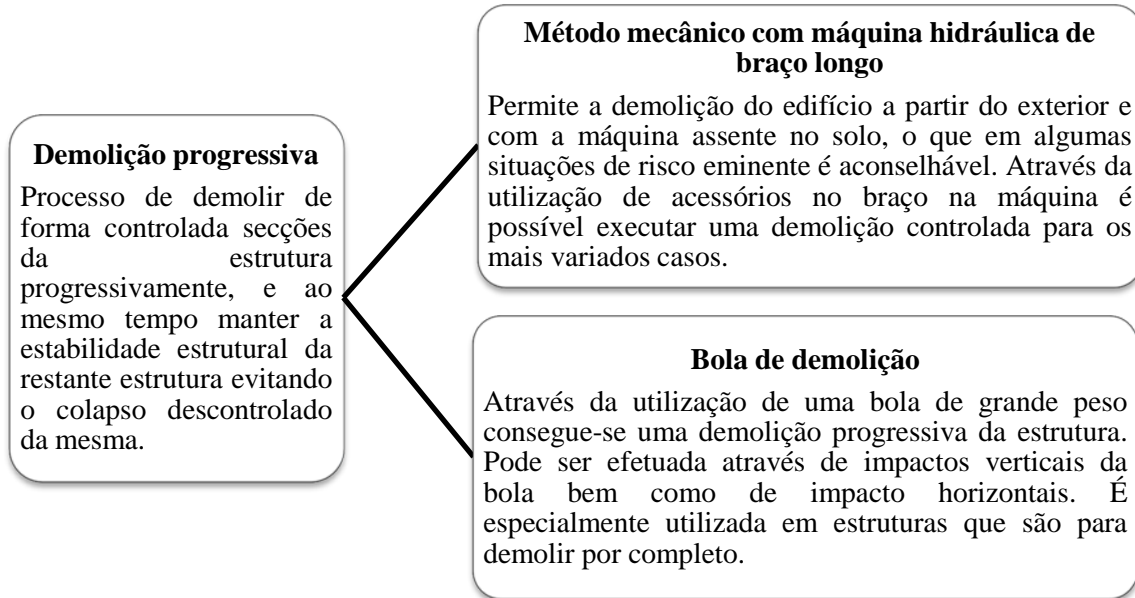


Figura 5 - Demolição progressiva [BS 6187, 2011]

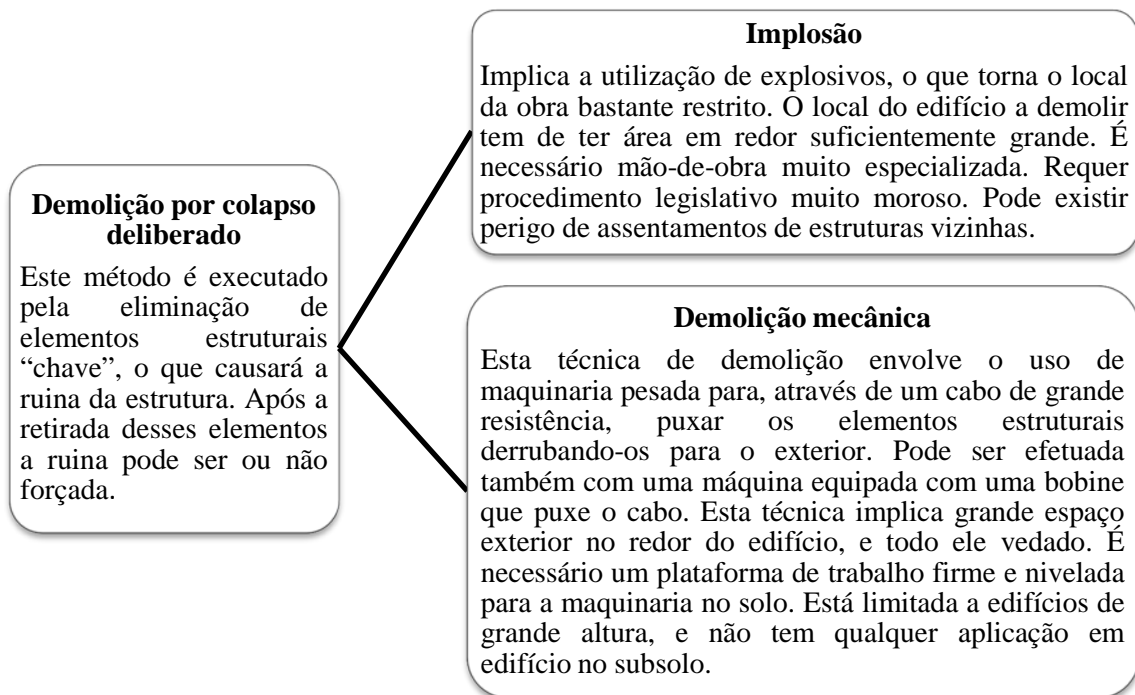


Figura 6 - Demolição por colapso [BS 6187, 2011]

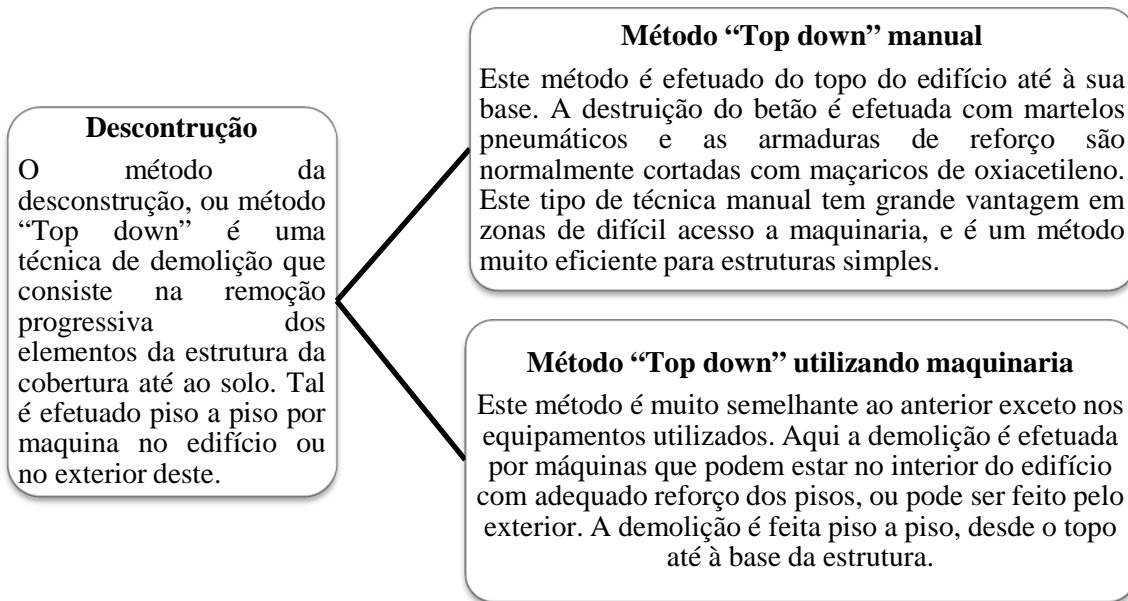


Figura 7 - Demolição pelo método de desconstrução [BS 6187, 2011]

3.2 Ferramentas, equipamentos e máquinas de demolição

Com vista a garantir uma plena integração no tema e, ao mesmo tempo, permitir ao leitor uma melhor interpretação dos termos utilizados na secção seguinte, descrevem-se de seguida as ferramentas, equipamentos e máquinas comumente utilizadas em obras de demolição. De modo a não alargar este capítulo, evita-se enumerar marcas ou representantes. Esta secção foi elaborada tendo por base o trabalho de Mascarenhas [2008], entre outra bibliografia citada ao longo do texto, e é composta pelos seguintes pontos: (i) ferramentas manuais; (ii) máquinas manuais (dardas, martelo picareta eletrónico, martelo demolidor, martelo pneumático, martelo perfurador, máquina de remover revestimentos de pavimentos, tesouras hidráulicas, pinças de esmagamento, pinças de tracionamento e macacos hidráulicos); (iii) pequenas máquinas (robots, miniescavadoras com rodas, miniescavadoras com lagartas); (iv) demolição com máquinas pesadas ("bulldozers", conjunto industrial e escavadora, acessórios para escavadora).

Note-se que nesta secção enfatizam-se os equipamentos que possuem utilização de carácter geral, em detrimento dos equipamentos de utilização específica, de forma a evitar repetições. Salienta-se que existem equipamentos que só por si são uma técnica de demolição, como é o exemplo do jacto de água ou da lança térmica, sendo estes descritos na secção correspondente à técnica em causa.

3.2.1 Ferramentas manuais

As ferramentas manuais são empregues como recurso na execução de pequenos trabalhos de demolição e de remoção de elementos secundários antes da demolição, na remoção de soalhos, asnas, tabiques, lambrins, equipamentos sanitários, clarabóias, bem como pequenos trabalhos em alvenarias e pavimentos e na recolha e transporte de pequenas quantidades de resíduos de demolição, sem o uso de meios mecânicos ou elétricos mas sim de trabalho braçal. Usualmente as ferramentas manuais utilizadas na demolição são de pequeno porte e peso como, por exemplo, a pá, a picareta, o martelo e escopro, o pé de cabra, a marreta e o carrinho de mão.



Figura 9 - Martelo e escopro [Mascarenhas, 2008]



Figura 8 - Pé de cabra [Mascarenhas, 2008]



Figura 11 – Picareta [Mascarenhas, 2008]



Figura 10 - Marreta ou maço [Mascarenhas, 2008]

3.2.2 Máquinas manuais

3.2.2.1 Quebrador com cunhas, “Darda”

O quebrador com cunhas, também designado de “darda”, baseia-se no princípio de uma cunha, que quebra a rocha, só que aqui a força de rebentamento, que pode atingir as 413 ton/cunha (4048 kN), é obtida hidraulicamente por uma cunha. O sistema de rebentamento interior faz afastar as palmetas previamente introduzidas no furo feito na rocha ou no betão armado, sendo possível quebrar varões de pequeno diâmetro. A darda permite demolir elementos localizados nas proximidades de habitações e em espaços onde o processo de demolição por explosivo é proibido, como por exemplo, valas citadinas e complexos industriais. [Visvan, 2005]

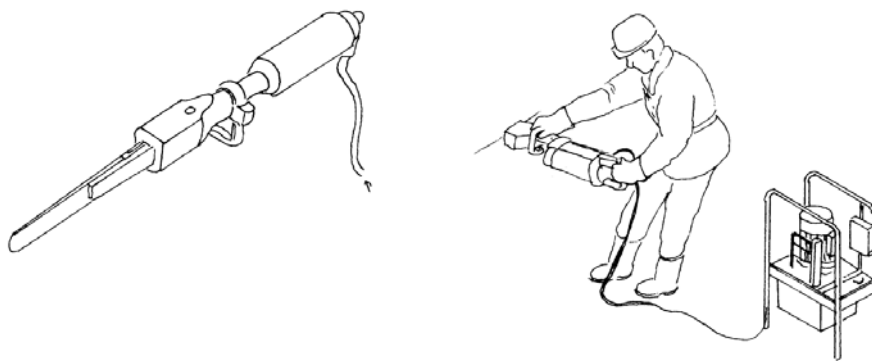


Figura 12 – Darda e exemplificação de trabalho [Mascarenhas, 2008]

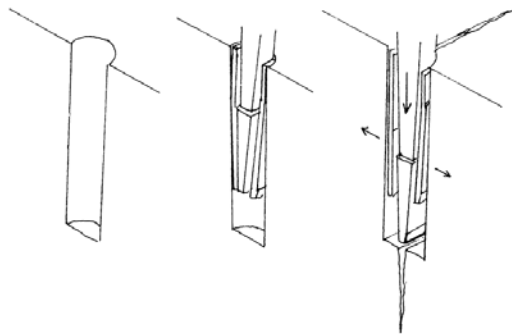


Figura 13 - Mecanismo de funcionamento da ponteira de uma darda [Mascarenhas, 2008]

3.2.2.2 Martelo giratório perfurador (ligeiro)

O martelo giratório perfurador é, essencialmente, um instrumento de execução de pequenas perfurações. Este instrumento leve permite executar a furação com o auxílio de brocas, demolir e efetuar pequenos trabalhos em alvenaria, madeira, pedra, aço e materiais plásticos, bem como extrair pequenos carotes. É muito utilizado em trabalhos de demolição para desmonte de vigas, de pilares entre outros elementos, ou em perfurações para amarração de cabos de aço. [Visvan, 2005]



Figura 14 - Exemplificação de trabalho com martelo giratório [Mascarenhas, 2008]

3.2.2.3 Martelo picareta eletrónica (ligeiro)

O martelo picareta eletrónica, também conhecido como martelo demolidor ou rompedor, é um instrumento utilizado, tal como o martelo perfurador, para pequenos trabalhos em alvenarias, pavimentos e remoções de revestimentos. Alguns destes martelos possuem também a opção de perfuração, passando a ser denominados de martelos perfuradores e rompedores. Este martelo cinzela superfícies verticais e aéreas em qualquer posição e é considerado um equipamento muito eficiente devido ao seu reduzido peso (5 a 20 kg) e elevada quantidade de impactos (900 a 3000 golpes por minuto). [C. J. Michaëlis, 2013]



Figura 15 - Exemplificação de trabalho com martelo picareta [Mascarenhas, 2008]

3.2.2.4 Martelo perfurador (pesado)

O martelo perfurador possui grande porte e potência de percussão e rotação, tendo sido concebido para a execução de trabalhos pesados de perfuração em betão ou rocha ou de perfuração com rebentamento suave. Existe uma grande variedade de martelos perfuradores com diferentes pesos e potências, sendo escolhidos de acordo com a natureza dos trabalhos a executar. O diâmetro do furo realizado varia entre 8 a 38 milímetros, consoante o martelo seleccionado, e a penetração é, habitualmente, de 3 metros na vertical e 1 metro na horizontal. [Visvan, 2005]

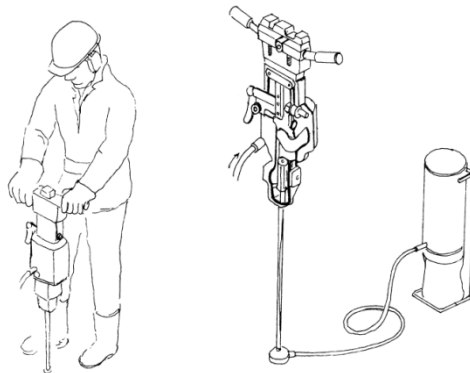


Figura 16 - Martelo perfurador com sistema de retenção de poeira [Mascarenhas, 2008]

3.2.2.5 Martelos demolidores

Os martelos demolidores são diferenciados dos martelos picareta eletrónica por possuírem maior porte e potência. Estes martelos induzem a rotura do betão por tração através de um mecanismo de percussão de grande intensidade, proporcionando um ótimo rendimento em trabalhos de demolição. Devido ao seu elevado peso são essencialmente utilizados na demolição de pavimentos de betão, de pedra ou de asfalto, em que se beneficia do seu peso e do pistão para demolir, i.e., numa posição em que o operador não tem de carregar, mas sim, guiar o pistão, aguentando as vibrações por ele provocado. São ferramentas de grande durabilidade e rentabilidade que proporcionam uma elevada fiabilidade técnica e funcional, sendo ideais para realizar tarefas de demolição que não estão ao alcance de máquinas de grande e médio porte [Visvan, 2005]. Estes martelos podem ser pneumáticos, hidráulicos, elétricos, a gasolina ou a gasóleo.

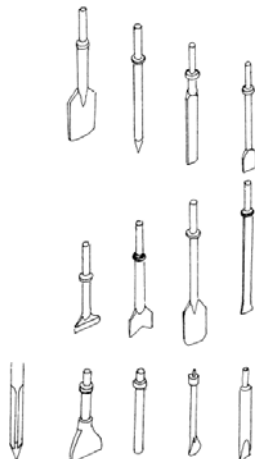


Figura 17 - Pontas mais comumente utilizadas em martelos pneumáticos [Mascarenhas, 2008]

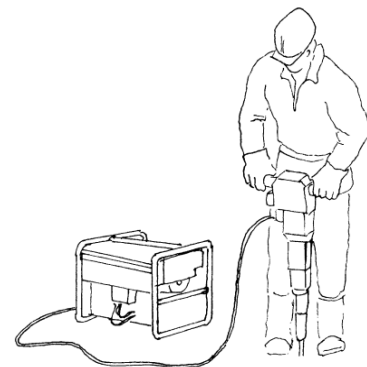


Figura 18 - Exemplificação de trabalho com martelo pneumático [Mascarenhas, 2008]

3.2.2.6 Macacos hidráulicos

Os macacos hidráulicos possuem um mecanismo de rebentamento interior semelhante ao do quebrador de cunhas. A ferramenta consiste num cilindro com um determinado número de pistões radiais em que o betão é separado por blocos através da sua fratura em planos perpendiculares ao eixo dos pistões. A força de rebentamento é produzida por uma bomba a óleo, alimentada por um compressor a ar ou, alternativamente, por uma bomba manual de uma mistura de água e óleo solúvel. Para a sua utilização são efetuados furos de secção circular (entre 80 a 160 mm de diâmetro), sendo a distância entre os furos e a sua profundidade uma função da qualidade e espessura do betão e da taxa de armaduras. O aparelho é introduzido nesse furo, havendo o cuidado de tentar uniformizar o nível das pressões introduzidas em peças de espessura entre 20 a 80 cm. São utilizados sempre que se pretende obter uma demolição eficiente sem provocar ruídos, poeiras ou vibrações e evitando a fragmentação de escombros de grandes dimensões criados por outros métodos. [C. J. Michaëlis, 2013]

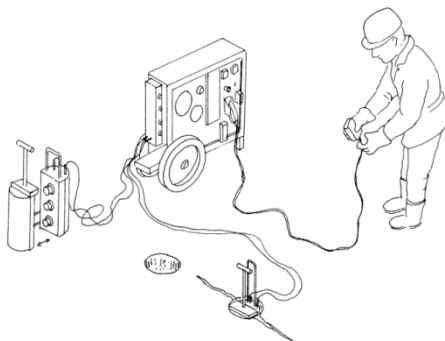


Figura 19 - Sistema de macacos hidráulicos [Mascarenhas, 2008]

3.2.2.7 Tesouras hidráulicas

As tesouras hidráulicas são ferramentas para corte de tubos, cabos e chapas, perfis metálicos, madeiras, materiais ferrosos e não ferrosos, tais como cobre e alumínio e também construções em pedra. São constituídas por duas grandes lâminas de corte, articuladas por um pino, e que se abrem em cruz como numa tesoura, sendo que na zona do cabo tem-se um pistão pneumático ou hidráulico, onde é aplicada a força necessária para que as lâminas possam cortar os materiais ali colocados. É um instrumento apto para trabalhos realizados no interior de edifícios, desempenhando a sua função sem produzir vibrações, ruídos e poeiras. Possui uma força de corte de cerca de 310 kN, aberturas até 12,5cm e pesos de 13 a 15kg, sendo também fácil de operar [Visvan, 2005].

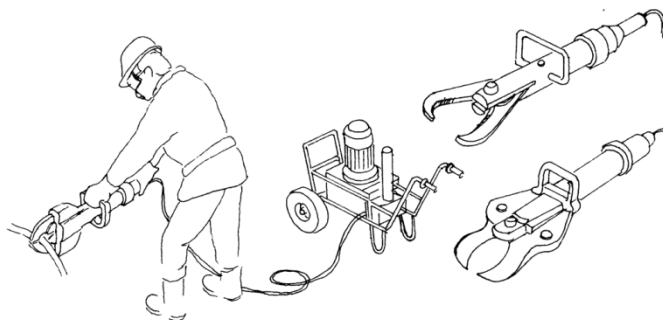


Figura 20 - Tesouras hidráulicas e exemplificação de trabalho [Mascarenhas, 2008]

3.2.2.8 Pinça de esmagamento

A pinça de esmagamento é um processo de demolição manual através da pressão de êmbolos que, ao se comprimirem, esmagam. Este processo é aplicado na demolição de pequenos volumes de betão, betão armado ou em muros de alvenaria de pedra. Tem a particularidade de, no caso de betão armado, deixar as armaduras intactas. Normalmente, o limite da espessura a demolir é de 0,30m. O equipamento possui um corpo central maciço, ligado a um grupo hidráulico auxiliar, que tem nas suas extremidades, dois veios metálicos de aço especial em forma de U (pinças) que são acionados por pressão hidráulica. O equipamento é intercalado no elemento a demolir e, ao ser acionado, os veios deslocam-se em constante movimento de vaivém que fragmenta completamente a peça a demolir [Visvan, 2005].

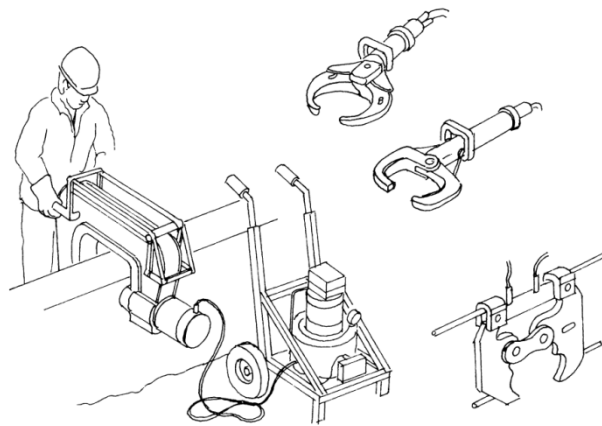


Figura 21 - Pinça de esmagamento e exemplificação de trabalho [Mascarenhas, 2008]

3.2.2.9 Disco de corte portátil

O disco de corte portátil é um equipamento de pequenas dimensões e portátil (equipamento manual ligeiro), mas com uma elevada potência de corte. Trata-se de uma ferramenta muito útil no corte de pequenas frações de uma estrutura.

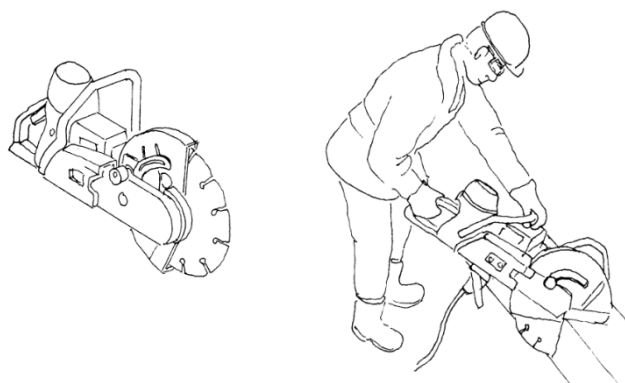


Figura 22 - Disco de corte portátil e exemplificação de trabalho [Mascarenhas, 2008]

3.2.2.10 Serra portátil com correntes diamantadas (motosserra)

Apesar de a serra portátil com correntes diamantadas ser utilizada maioritariamente no corte de árvores e de lenha, é também uma ferramenta portátil de manuseio fácil, compacta e leve, com boa relação peso/potência, que pode ser utilizada no corte de betão ou de betão armado (não muito armado). A execução do corte é acompanhada de um sistema de arrefecimento, normalmente com água. Trata-se de um instrumento muito útil em demolição, no corte de aberturas em paredes e em lajes, bem como no corte de fragmentos tombados.

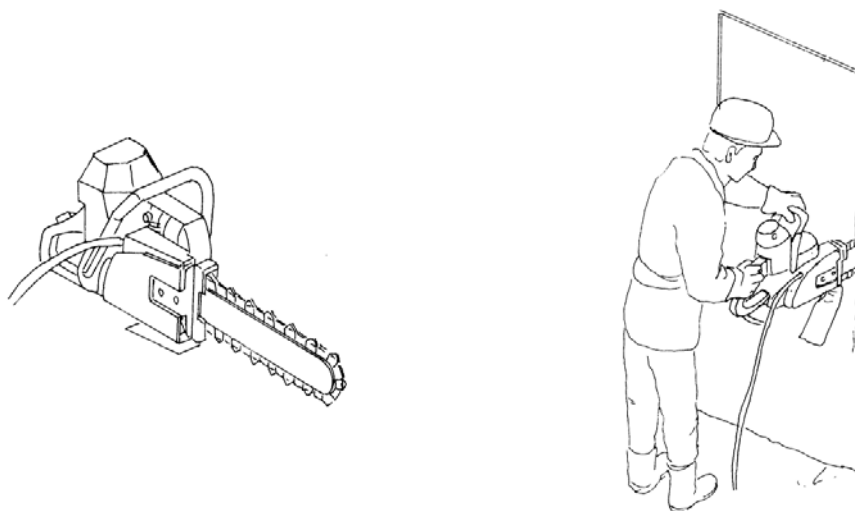


Figura 23 - Motosserra e exemplificação de trabalho [Mascarenhas, 2008]

3.2.2.11 Maçarico

Um maçarico é uma ferramenta utilizada para aplicar uma chama ou calor capaz de aquecer, fundir e cortar diversos tipos de materiais, especialmente metais e plásticos. É um equipamento pertencente ao conjunto dos oxi-corte e soldadura com grande aplicação em trabalhos de soldadura, de aquecimento, de limpeza de pedra e também no corte de armaduras e chapas metálicas.

3.2.2.12 Caroteadoras

As caroteadoras, com motores elétricos ou hidráulicos, foram criadas para a recolha de amostras, ou extração de carotes, em betão ou em rocha. Porém, hoje em dia, são também muito utilizadas na execução de aberturas em estruturas de betão armado para a passagem das especialidades (canalização de água, cabos de eletricidade, entre outros). Trata-se de um instrumento muito versátil, que pode ser automático ou manuseado por um operário e, graças aos sistemas de suporte, permite utilizações em

superfícies horizontais, verticais ou até mesmo em superfícies curvas. O processo de extração consiste no movimento rotativo de um cilindro metálico oco, com uma coroa diamantada na sua extremidade, e com dentes abrasivos, ficando o betão retido no interior no cilindro metálico. As brocas possuem diâmetros que variam entre os 10mm e 1m.

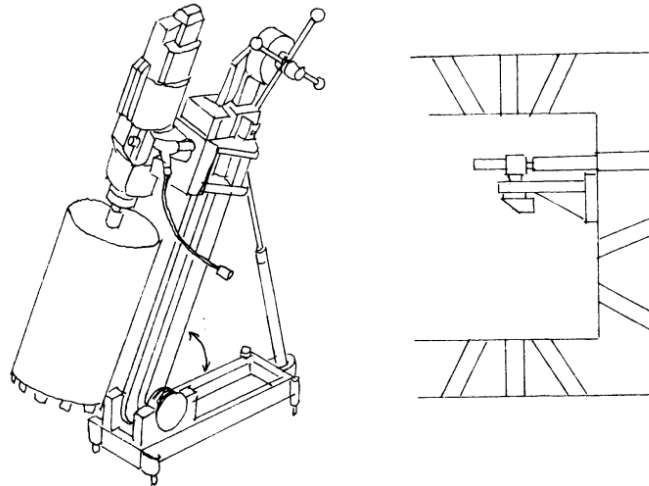


Figura 24 - Caroteadora (à esquerda) e demonstração das possibilidades de ângulos de perfuração (à direita)
[Mascarenhas, 2008]

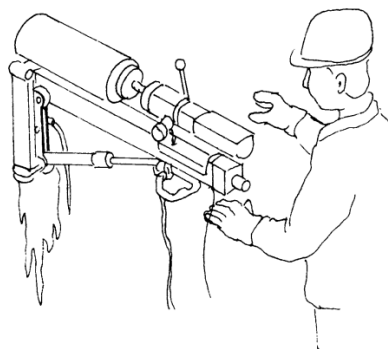


Figura 25 - Exemplificação de extração de uma carote [Mascarenhas, 2008]

3.2.3 Pequenas máquinas

3.2.3.1 Robots de demolição

Os robôs de demolição são bastante flexíveis e eficientes. Tratam-se de equipamentos compactos e de grande manobrabilidade, com fácil acesso a qualquer lugar, com a garantia de que os trabalhos de demolição e de escavação leve são realizados de forma perfeita, tanto nas áreas internas como nas externas, onde haja restrição de espaço, perigo de queda do equipamento ou em zonas de atmosfera perigosa (riscos biológicos, químicos). Este equipamento é ideal para a execução de demolições em edifícios industriais, em áreas com tubagens e condutas, em pátios, em caixas de escada, em tetos, em revestimentos de fornos, entre outros. Podem ser equipados com martelos hidráulicos, tesouras, colunas de perfuração, ferramentas de corte de varões de aço, pinças, pás, fresas, etc. São máquinas de demolição, perfuração e corte que combinam uma extraordinária potência com reduzidas dimensões, permitindo que o operário que o manuseia, com alguma distância, não esteja exposto a diversos riscos.

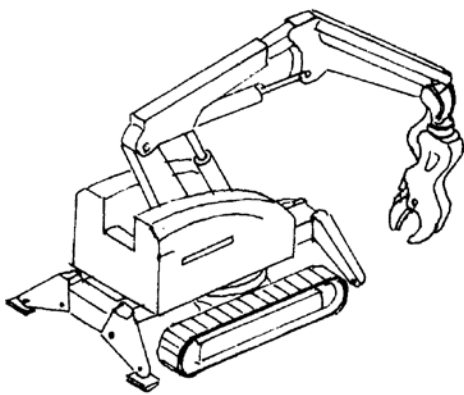


Figura 27- Robot de demolição [Mascarenhas, 2008]

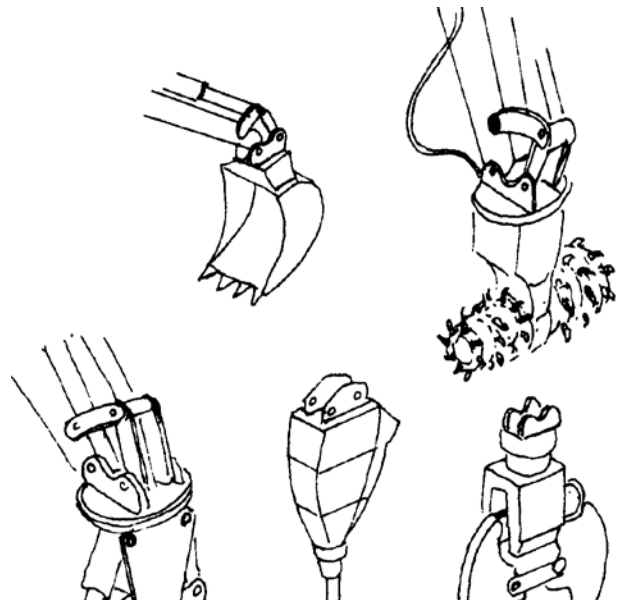


Figura 26 - Alguns acessórios para robots de demolição [Mascarenhas, 2008]

3.2.3.2 Miniescavadoras com rodas ou sobre lagartas

Tal como os robôs de demolição, as miniescavadoras são máquinas de pequena dimensão utilizadas em diversos trabalhos de demolição, devido aos vários acessórios de encaixe. Apesar de serem maiores que o robô, devido à cabine de proteção do operário ou devido à maior dimensão do braço, desempenham as mesmas funções e utilizam os mesmos acessórios já acima mencionados, efetuando trabalhos de demolição em espaços reduzidos com eficácia. Possuem também um acessório, útil na

remoção de pavimentos em betão, não muito armado, denominado de pilão e que consiste numa massa com um a dois metros de altura que cai ao ritmo de 25 a 12 pancadas por minuto, em superfícies planas horizontais. As miniescavadoras podem estar assentes em rodas ou em lagartas e, apesar de serem pequenas, possuem uma enorme potência em trabalhos de dismantelamento, esmagamento, corte e transporte de resíduos ou pequenas peças, com pinças, pás ou ganchos. [Martins, 2008]. Note-se que muitos dos acessórios adaptáveis a robots de demolição também o são nas nestas máquinas.

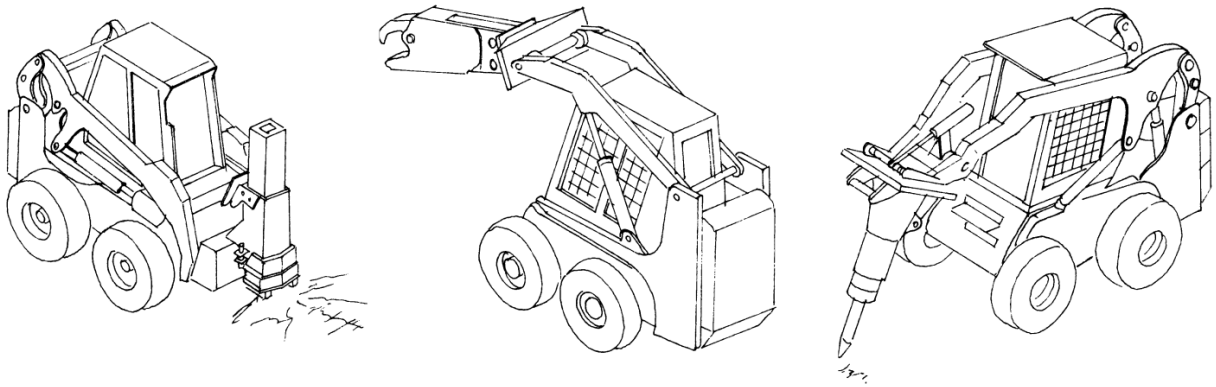


Figura 28 - Miniescavadoras de rodas com vários acessórios [Mascarenhas, 2008]

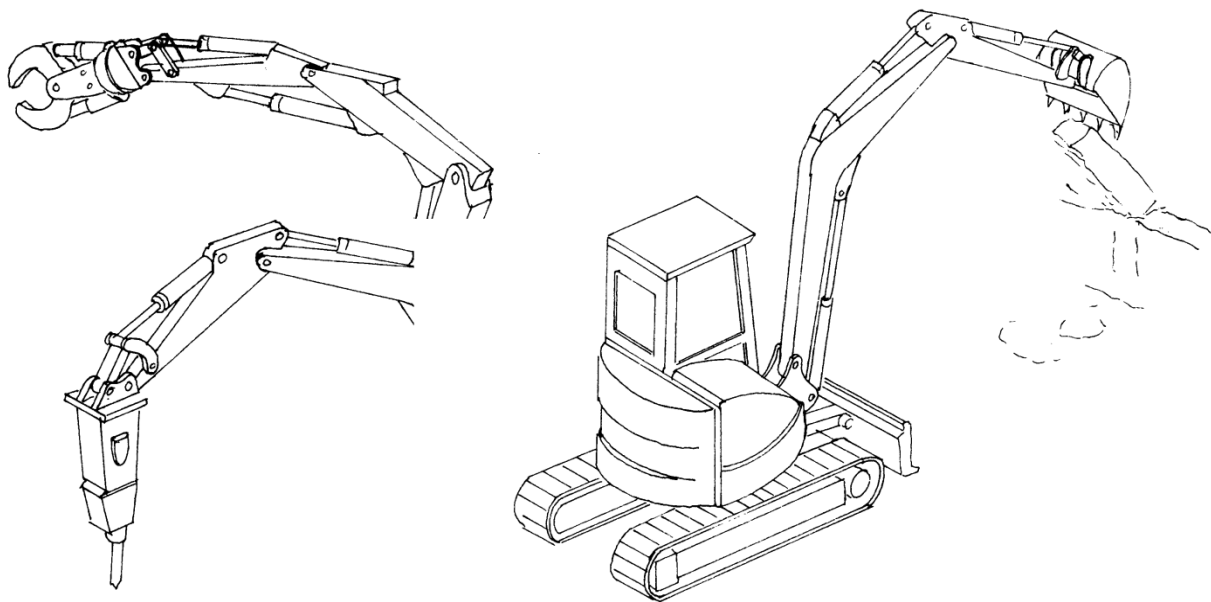


Figura 29 - Miniescavadoras de rasto com vários acessórios [Mascarenhas, 2008]

3.2.3.3 Disco de corte sobre rodas

O disco de corte sobre rodas é um instrumento para corte de pavimentos de betão (fresco ou endurecido) ou de asfalto; é chamado de serra de pavimento ou de pisos, com grande precisão (devido ao guiamento frontal que quando pousado no pavimento alinha com disco de corte) e rapidez de corte. Podem-se encontrar máquinas de pequenas e grandes dimensões. Possuem diversos tipos de discos, de

acordo com o material a cortar, com uma variedade de tamanhos que podem atingir 63cm de penetração de corte, com discos de diâmetro de 1.2m.

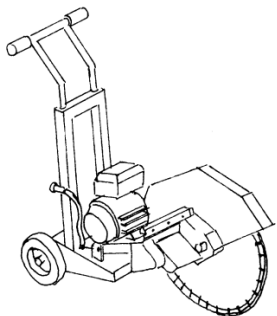


Figura 30 - Disco de corte sobre rodas [Mascarenhas, 2008]

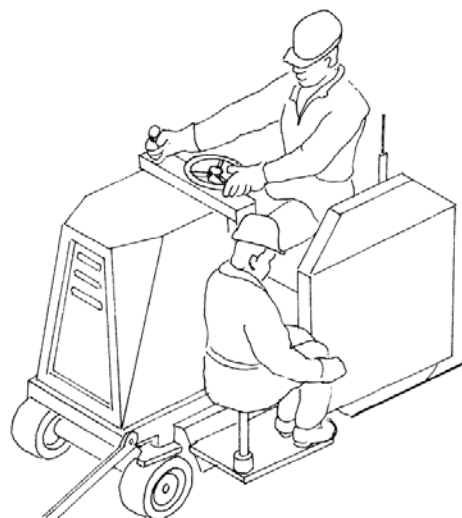


Figura 31 – Autosserra [Mascarenhas, 2008]

3.2.3.4 Disco de corte sobre calhas (serra de parede)

O disco de corte sobre calhas é uma ferramenta muito útil na demolição parcial de uma estrutura, de forma muito controlada e precisa, bem pequenos trabalhos de reabilitação e correção de defeitos de construção. É ideal na abertura de vãos para passagem de tubagens, juntas de dilatação, portas, janelas, entre outros, em paredes exteriores ou divisórias, de betão armado ou em lajes e em cortes de vigas e pilares na demolição por desmonte controlado, dando origem a blocos de betão que podem ser posteriormente removidos com auxílio de uma grua. É um processo, que para além de ser muito preciso, eficaz e rápido, não produz vibrações e consegue atingir uma profundidade de corte até 1100mm, com discos que podem atingir diâmetros superiores a 1m [Brito, 1999].

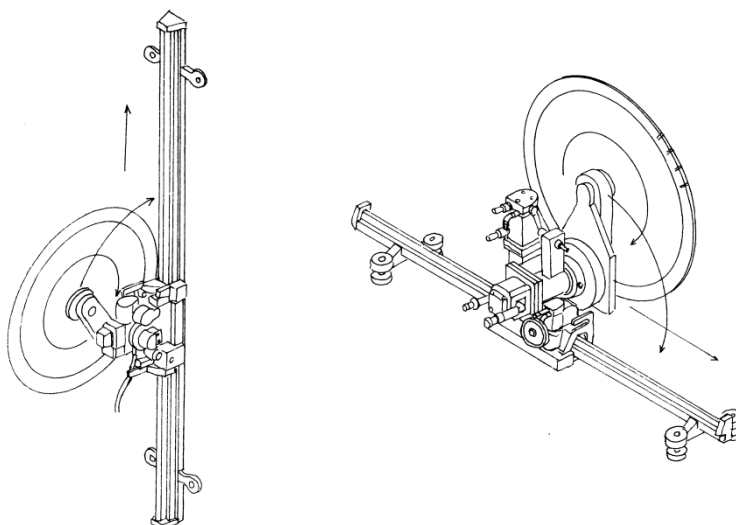


Figura 32 - Disco de corte sobre calhas.

3.2.3.5 Corte com fio diamantado

O corte com fio diamantado trata-se de uma técnica semelhante à anterior a nível de corte, podendo ser utilizada para o mesmo tipo de trabalhos. O corte no betão, betão armado ou rocha é feito por abrasão, com o auxílio de um cabo de aço diamantado, com um diâmetro de 5mm e possuindo cerca de 40 anéis (“perlinas”) em cada metro. O corte executado pode ser vertical, horizontal ou oblíquo, tanto ao ar livre como submerso, e aplica-se nos casos que a espessura do elemento a cortar ultrapassa os 70cm. [Brito, 1999]

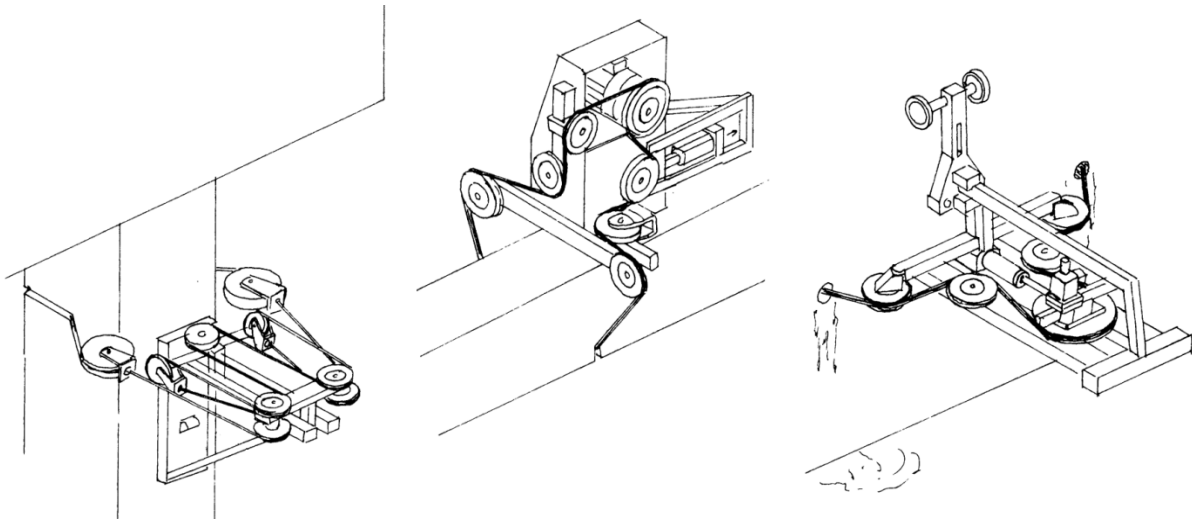


Figura 33 - Máquinas de fio de corte aplicadas em diferentes elementos [Mascarenhas, 2008]

3.2.4 Maquinaria pesada

Por vezes, torna-se necessário utilizar equipamentos com elevada potência que permitem aumentar exponencialmente o rendimento e a rapidez dos trabalhos de demolição, diminuindo o esforço físico e salvaguardando a integridade e a segurança dos trabalhadores. Fazendo o uso da incompressibilidade, propriedade característica dos fluidos, foram introduzidos no mercado, a partir dos anos 50, instrumentos de variado tipo, que executam inúmeras funções de corte, esmagamento e desmantelamento de estruturas, sejam elas de betão armado, de pedra, de madeira, metálicas ou mistas e que ainda possuem ferramentas para transporte de resíduos.

Nos dias de hoje, é habitual encontrar, em obras de demolição ou de construção civil, retroescavadoras, escavadoras (giratórias) com rodas ou lagartas, sendo que as lagartas são mais eficientes em trabalhos em superfícies muito irregulares e com muitos obstáculos, tendo a possibilidade de acoplar braços de pequeno ou longo alcance, tratando-se assim de ferramentas de enorme versatilidade nos trabalhos de demolição.

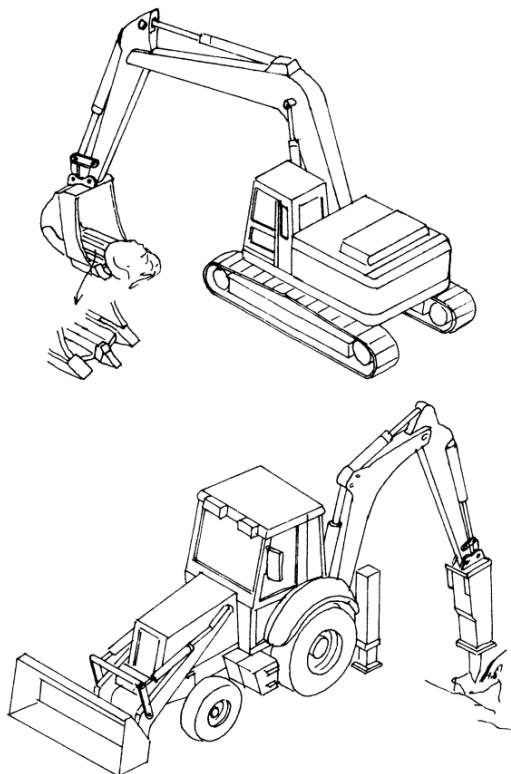


Figura 35 - Escavadora, giratória, de rasto com balde "ripper" (em cima), conjunto industrial com martelo hidráulica (em baixo) [Mascarenhas, 2008]

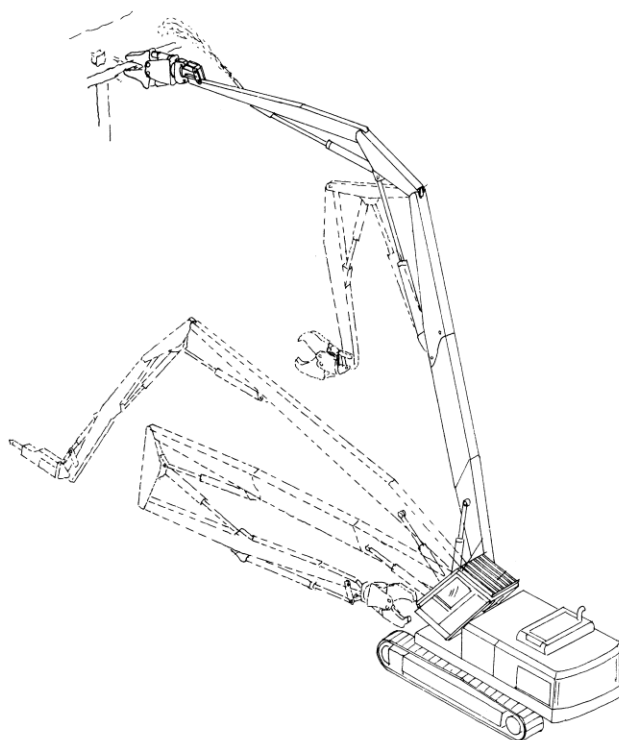


Figura 34 - Escavadora de rasto com braço de longo alcance [Mascarenhas, 2008]

De modo a tornar estas máquinas ainda mais versáteis e aptas para a grande maioria dos trabalhos de demolição, existe no mercado uma vasta gama de acessórios que possibilitam uma enormíssima panóplia de atividades: desmantelamento (martelo demolidor), corte de elementos estruturais (tesouras e cisalhas), esmagamento (pulverizadores), corte e esmagamento (quebradores), na limpeza da zona de demolição (pinças e ganchos) para o carregamento de detritos, e se existir necessidade de fragmentar os detritos, são utilizadas britadeiras para facilitar o seu carregamento e transporte.

Mais comumente utilizados em movimentação de terra, os “bulldozeres” são utilizados especialmente em demolições para puxar os cabos e para juntar detritos posteriormente carregados por outra máquina pesada.

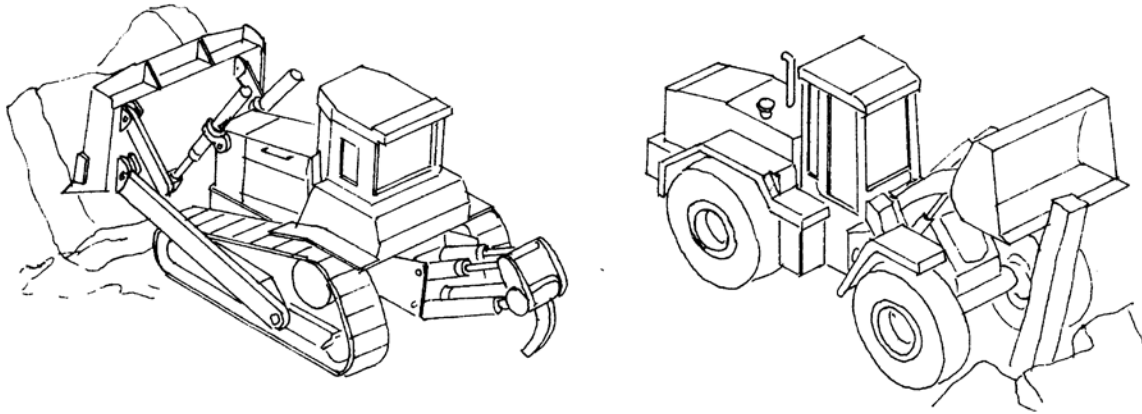


Figura 36 - "Bulldozer" de rasto e de rodas [Mascarenhas, 2008]

Outro tipo de maquinaria pesada utilizada em obras de demolição são as guias, que podem ser guias torre, fixas, guias autoportantes e automontantes ou camiões guia. Este equipamento pode ter as mais variadas funções no decorrer de uma obra de demolição, como por exemplo, auxiliar a subida de máquinas e outros equipamentos para andares superiores do edifício, auxiliar o desmonte de elementos do edifício fazendo-os chegar ao solo em segurança, auxiliar a demolição com ariete, etc.

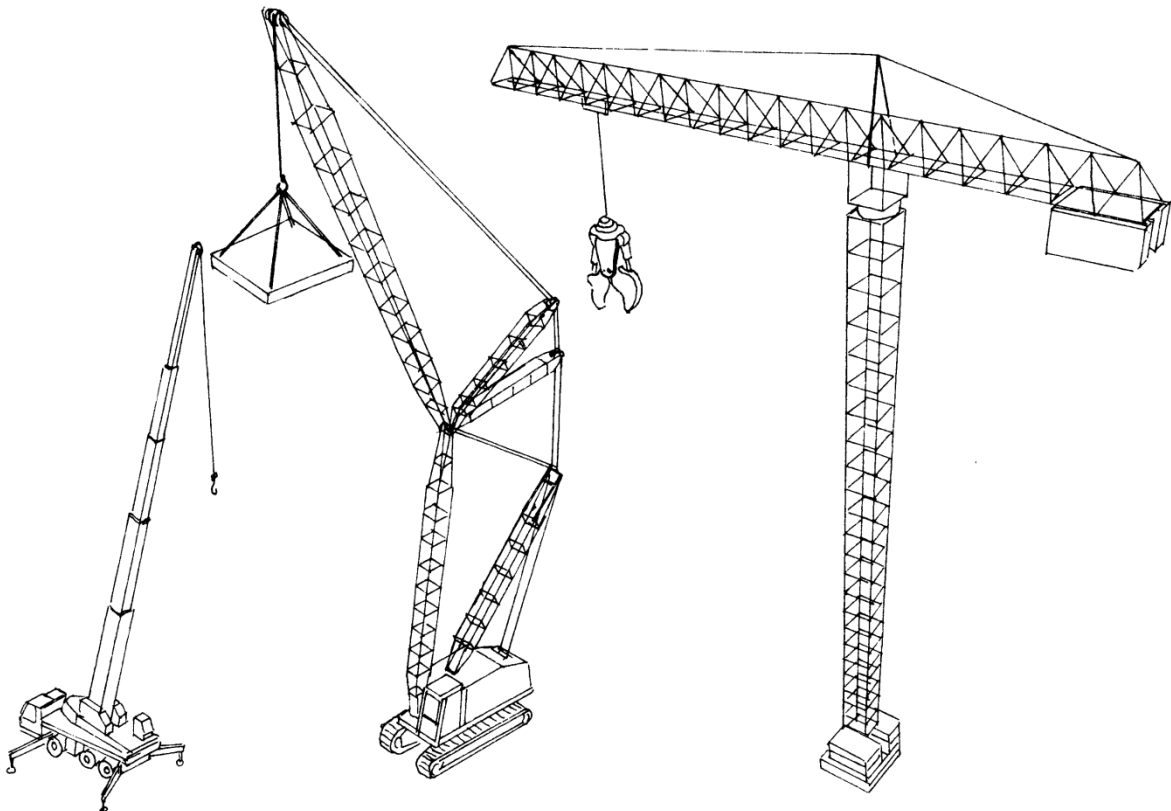


Figura 37 - Camião guia, guia automontante e guia torre (da esquerda para a direita) [Mascarenhas, 2008]

Existem também grandes máquinas para utilização em obra ou estaleiro no tratamento dos detritos e resíduos da construção, nomeadamente para a redução do seu tamanho como as britadeiras e seleção por tipo, como os grandes pulverizadores. As primeiras são normalmente máquinas de grande porte, autoportantes e com rasto, que se fixam no local onde se pretende tratar os detritos, podendo também ser acessório de acoplagem de escavadoras para quantidades mais reduzidas. As segundas são normalmente acessórios acoplados a escavadoras.

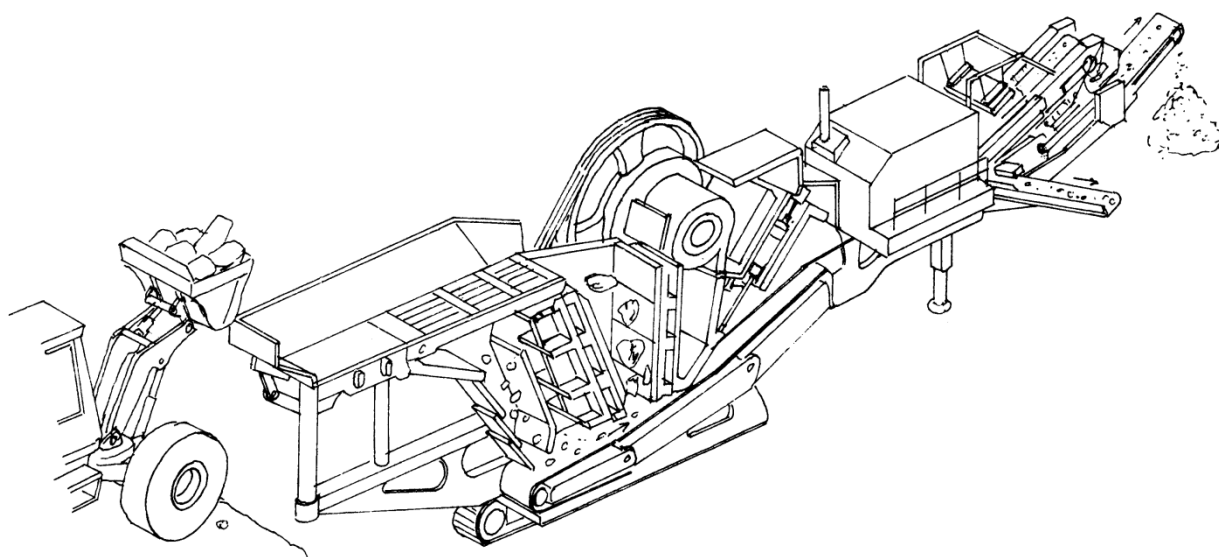


Figura 38 - Grupo móvel de britagem de grande porte.

3.2.4.1 Acessórios utilizados na demolição com uso de conjuntos hidráulicos:

Martelo demolidor – O mecanismo deste acessório é similar ao do martelo demolidor hidráulico manual, mas possui maior potência de percussão e é manuseado à distância pelo operador da máquina de suporte. Possui igualmente vários ponteiros de encaixe, semelhante ao do martelo manual mas, como é lógico, de maiores dimensões e de acordo com a natureza dos trabalhos. Estes martelos devem possuir um sistema automático que permita variar a energia e a frequência dos golpes em função da dureza do material. Como os golpes no vazio são nefastos para o equipamento, o pistão deve parar quando o guilho não está em contacto com o material. Devido às exigências dos trabalhos, a carcaça do martelo deve ser muito resistente, com reforços nas zonas de maior desgaste, e ser estreito para possibilitar uma maior visibilidade na execução dos trabalhos.

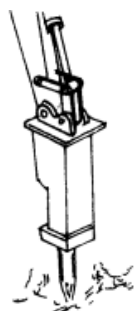


Figura 39 - Martelo demolidor hidráulico [Mascarenhas, 2008]

Pulverizadores – Tratam-se de acessórios utilizados pelas máquinas hidráulicas no esmagamento de peças tombadas. Estão dotados de lâminas para o corte de varões de aço na demolição secundária, ou seja, na fragmentação dos resíduos de maiores dimensões e na separação do betão das armaduras no local da demolição ou em zonas de tratamento e reciclagem. O esmagamento é executado por uma mandíbula, superior, com movimento lento (2,3 a 3 segundos de fecho e 2,4 a 3,5 de abertura, com dispositivo para acelerar o fecho quando se move no vazio) de um cilindro hidráulico mas com uma elevada força de esmagamento e com apoio de uma maxila inferior fixa e curva para içar melhor as peças tombadas e possibilitar o esmagamento. Os pulverizadores podem também ser equipados com uma unidade de rotação hidráulica a 360°, o que permite a sua utilização na demolição primária, como uma pinça. Nesta categoria podem também incluir-se os britadores e baldes de crivos que têm utilizações semelhantes.

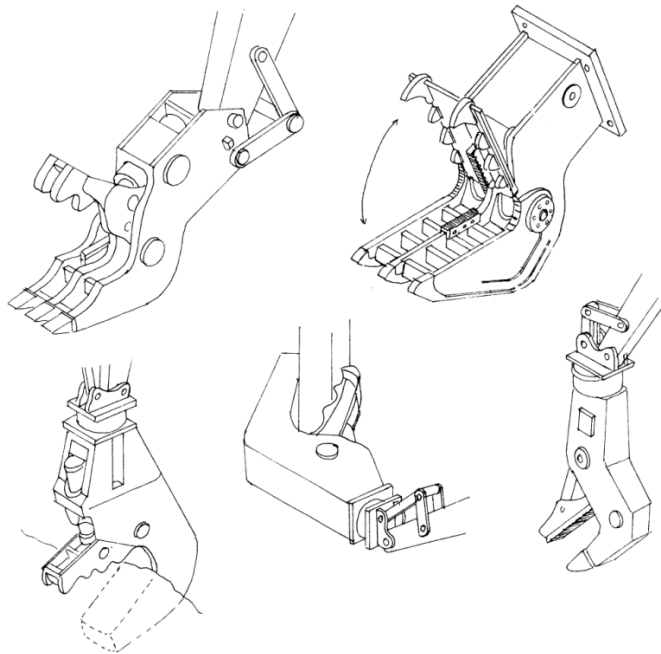


Figura 40 - Vários tipos de pulverizadores [Mascarenhas, 2008]

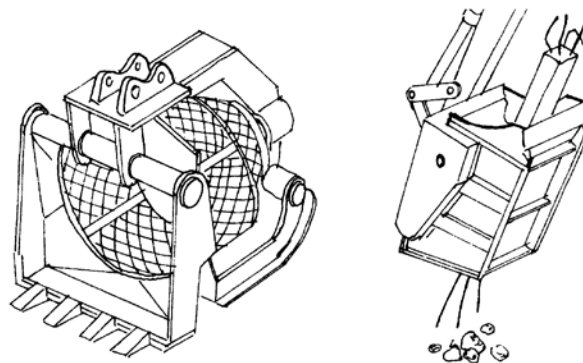


Figura 41 - Balde de crivos para separação do material (à esquerda) e britador para trituração de elementos demolidos (à direita) [Mascarenhas, 2008]

Tesouras de maxilas – As tesouras de maxilas possuem duas maxilas móveis de elevada potência e são instrumentos muito eficazes em trabalhos de demolição de alvenarias, de lajes, de pilares, de coberturas, entre outros componentes dos edifícios, possibilitando torcer, cortar, esmagar e comprimir. Com a elevada potência de esmagamento e corte dos cilindros hidráulicos, as mandíbulas atuam com os dentes e lâminas com perfeita aderência na peça a demolir. Estes instrumentos possuem conjuntos de maxilas substituíveis de acordo com a natureza dos trabalhos. Na demolição de uma estrutura metálica, como essencialmente é composta por pilares e vigas em aço, para assegurar uma separação e redução de tamanho, utilizam-se tesouras com mandíbulas em aço. As mandíbulas de aço distinguem-se das unidades convencionais universais por apresentarem um desenho exclusivo baseado em lâminas em vez de dentes. As lâminas e o formato das mandíbulas de aço facilitam o corte de chapas de aço e estruturas fechadas.

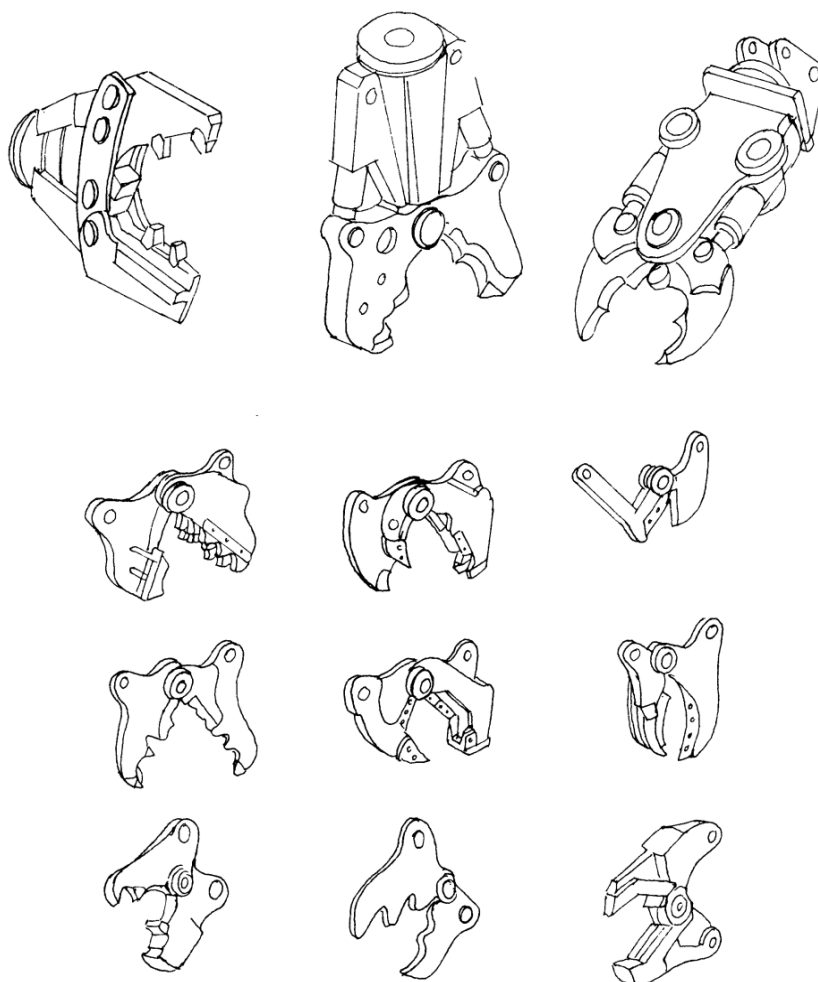


Figura 42 - Tesouras de maxilas e vários tipos de laminas [Mascarenhas, 2008]

Garras, pinças (*power grapples*) – As garras ou pinças são utilizadas essencialmente em trabalhos de remoção de peças de betão armado, pedras ou perfis metálicos de grandes dimensões. Também

possuem potentes cilindros hidráulicos para a execução de pequenas demolições, como por exemplo, alvenarias de betão armado, de pedra e de tijolo de pequenas espessuras. São utensílios muito úteis durante e depois dos trabalhos de demolição, devido à elevada potência (força de fecho) e rapidez (com fecho das duas maxilas e rotação do conjunto), que possibilita uma rápida retirada das peças de grandes dimensões num curto espaço de tempo, reduzindo os trabalhos secundários de fragmentação e transporte dos mesmos.

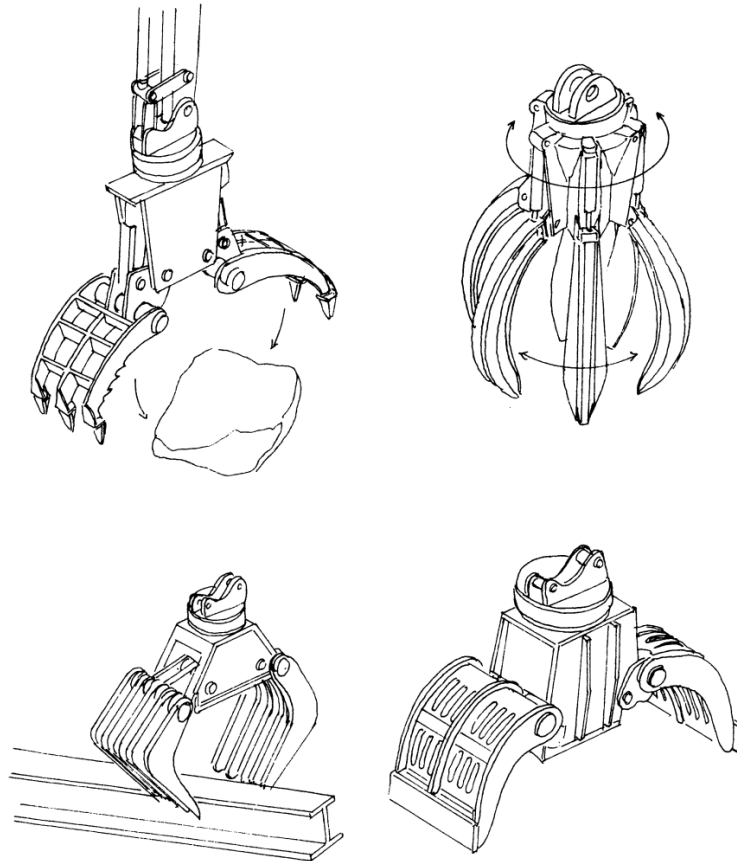


Figura 43 - Vários tipos de garras e pinças [Mascarenhas, 2008]

Bola de aríete – A bola de aríete trata-se de uma bola de aço com grande massa, 500 a 5000 kg, suspensa no braço de uma grua móvel, devidamente equipada para esse efeito, e colocada numa posição elevada com o auxílio de um cabo ou de uma corrente, capaz de produzir movimentos pendulares ou em queda livre. A massa da bola é escolhida de acordo com a natureza da obra a demolir, mas sobretudo com as capacidades da máquina que a suporta e movimenta. Para além do cabo ou corrente que o carrega, cabo de trabalho, também possui um cabo de reposicionamento, para retornar à posição inicial e ser solto novamente de encontro à construção. Este cabo tem também a função de agarrar a bola no caso de rotura do cabo de trabalho, pelo que os pontos de união dos dois cabos à bola devem ser claramente distintos. Com o objetivo de amortecer ou reduzir os efeitos

dinâmicos no cabo de trabalho e reduzir as vibrações à máquina, pode-se intercalar um pneu entre o mesmo e a bola ou ainda outra extensão de corrente.

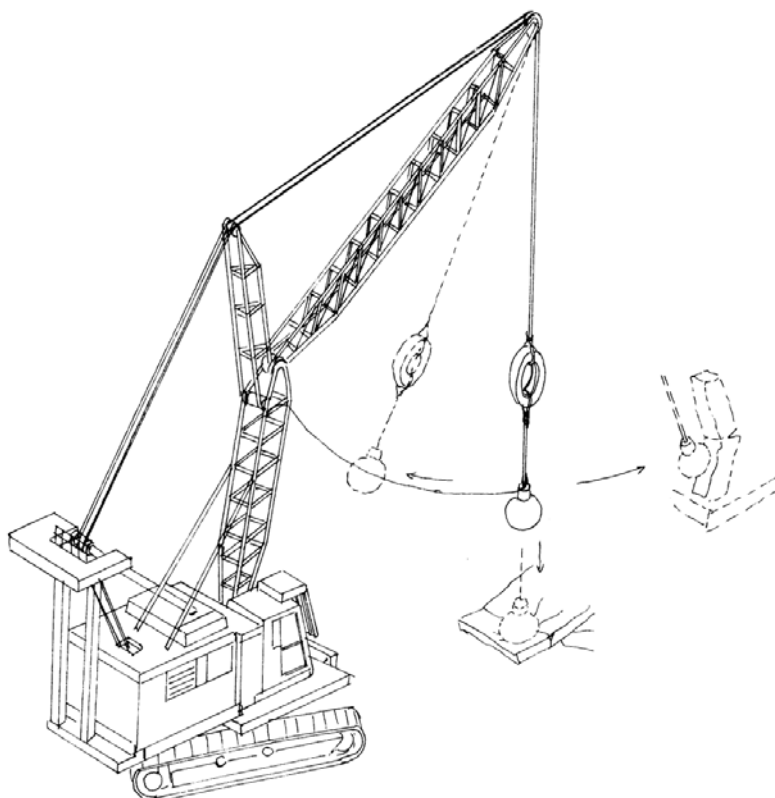


Figura 44 - Demolição com bola de aríete [Mascarenhas, 2008]

3.3 Demolição progressiva

A demolição progressiva consiste na remoção controlada de secções da estrutura, mantendo ao mesmo tempo a estabilidade do edifício evitando o colapso precoce de parte ou da totalidade da estrutura a ser demolida [BS 6187, 2011]. Este tipo de demolições é especialmente utilizado em locais cuja estrutura a demolir esteja numa área de difícil acesso ou confinado, sendo a demolição feita pelo exterior. [Abdullah, 2003]

3.3.1 Método mecânico por máquinas hidráulicas de braço longo

3.3.1.1 Generalidades

Através da utilização de acessórios acoplados no braço longo de uma máquina hidráulica, tais como tesouras e cisalhas ou martelos demolidores, tanto o betão como as armaduras são desfeitos graças à força hidráulica transmitida através do longo braço da lança, com a vantagem de possibilitar a

realização de operações a partir do terreno e fora do prédio. Este método é adequado para edifícios em perigo de ruir, em silos e em instalações industriais. A figura 45 ilustra a operação típica deste tipo de técnica de demolição. Em termos ambientais, este é um sistema que deve ser utilizado sempre que possível, pois tem grandes vantagens face a outras técnicas no que diz respeito ao ruído e às poeiras.



Figura 45 - Demolição com máquina hidráulica de braço longo [site: loupiote, 2013]

3.3.1.2 Critérios de aplicabilidade

- a) A operação deve ter um espaço livre mínimo de 1/2 da altura do prédio, como zona de segurança para os escombros;
- b) O equipamento deve ser inspecionado periodicamente para que haja garantia do seu bom funcionamento e verificação de todas as condições de segurança;
- c) Salvo para aplicações especiais, cada seção da estrutura deve ser demolida, de cima para baixo, de modo a garantir a estabilidade da estrutura;
- d) Os detritos podem ser utilizados para construir uma plataforma para a máquina estender a sua faixa de alcance. É importante que os detritos estejam densamente compactados para suportar a operação da máquina, bem como a plataforma deve ser plana e a inclinação deve ser estável. A altura de construção da plataforma deve ser limitada a 3 metros. A inclinação lateral da plataforma temporária não deve ser mais acentuada do que 1:1 (horizontal e vertical), a menos que o estado do terreno permita a existência de um declive mais acentuado. A inclinação da rampa de acesso para a máquina deve ser de acordo com a recomendação do fabricante. A largura disponível, em ambos os sentidos da plataforma deve ser, pelo menos, uma vez e meia o comprimento da máquina para permitir manobra segura durante a demolição;

- e) Para minimizar o pó, a estrutura deve ser previamente humedecida com água antes demolição. A água deve ser continuamente pulverizada durante a operação;
- f) Como os detritos podem cair para fora do prédio durante a demolição, o local deverá encontrar-se será completamente vedado a estranhos e vigiado 24 horas por segurança, para permitir que apenas o pessoal autorizado possa ter acesso ao local da obra. Durante a operação de esmagamento nenhum trabalhador se deve encontrar dentro do alcance operacional da máquina ou no interior do edifício;
- g) O operador da máquina deverá possuir as competências necessárias e significativa experiência para realização do trabalho. Deve haver uma pessoa no local para auxiliar na operação e alertar o operador de qualquer potencial problema durante a realização dos trabalhos.

3.3.2 Bola de demolição

3.3.2.1 Generalidades

A aplicação desta técnica de bola de demolição consiste na utilização de uma grua, à qual é acoplada uma esfera de aço. A destruição do edifício ou estrutura é feita pela energia do impacto da bola de aço, suspensa no guincho da grua. Este método é adequado para edifícios degradados, silos e outras instalações industriais. No entanto, a operação requer grande espaço livre. A aplicação também exige alto nível de especialidade por parte dos operadores e boa manutenção e fiscalização do equipamento. A figura 46 ilustra de um modo geral a realização deste tipo de técnica.



Figura 46 - Demolição com bola de ariete [site: zimbio, 2013]

3.3.2.2 Critérios de aplicabilidade

Os critérios recomendados para o uso deste tipo de técnica de demolição são os seguintes:

- a) Exceto para aplicações especiais, o desmonte de cada seção da estrutura deve ser efetuado de cima para baixo, de forma a manter a estabilidade da estrutura;
- b) As técnicas recomendadas para o uso da bola de demolição incluem as seguintes operações:
 - i. Queda Vertical - queda livre da bola de demolição para a estrutura;
 - ii. Balanço em linha - balançando a bola em linha com o braço, com o auxílio de um segundo cabo, utilizado normalmente para manter a bola numa posição horizontal e de um modo mais ou menos controlado. A bola é deslocada para o interior do prédio e deve embater no topo do membro estrutural de modo a evitar que este caia de forma descontrolada fora do prédio.

Outra solução é a utilização de um guindaste giratório, no entanto, esta solução não costuma ser recomendada, pois o movimento da bola de guindaste giratório é difícil de controlar e de prever. Este tipo de técnica exige um grande conhecimento da máquina e da estrutura, bem como experiência de manuseio do equipamento de modo a executar a tarefa de forma segura.

- c) O braço ou a lança deve ser operado com não menos de 3 m acima da parte da estrutura que está a ser demolida;
- d) O espaço livre para a operação, entre a grua e a estrutura a demolir, deve ser de 50% da altura da estrutura. A distância entre o perímetro do local e o prédio a ser demolido não deve ser inferior a 50% da altura do prédio, considerando-se ainda um adicional de 6 metros para a área de manobra do guindaste. Este critério aplica-se para todos os lados do edifício a ser demolido pela bola de demolição;
- e) À bola de demolição deve ser conectado um dispositivo anti rotação que impeça a sua rotação e evite o entrelaçar do cabo durante a operação;
- f) O fio e a lança da máquina usados para a demolição devem ter uma capacidade nominal, no raio de trabalho, de pelo menos, 5 vezes o peso da bola;
- g) A força do cabo deve ser de, pelo menos, duas vezes a força de tensão nominal do aço de reforço das armaduras das lajes e vigas. A alta resistência do cabo permite assim que a bola de demolição possa ser retirada de potenciais armadilhas com o embaraço das armaduras;

- h) Para garantir que a grua está em bom estado, o cabo que liga a bola, os componentes da lança e todos os pinos de conexão devem ser inspecionados duas vezes por dia;
- i) A operação não deve ser realizada junto a linhas de alta tensão;
- j) O local será totalmente cercado para proibir o acesso do público, bem como deve ser vigiado 24 horas por dia, com restrição de acesso; dependendo da localização relativa entre a vedação e o edifício, serão implementadas barreiras de modo a suportar o impacto acidental da bola de demolição;
- k) Durante a utilização da bola de demolição, exceto para o operador da grua e a pessoa a orientá-lo no local, todos os outros trabalhadores devem ser mantidos longe do raio de operação da bola. Ninguém deve permanecer dentro do prédio;
- l) A fim de minimizar a poeira de impacto na área circundante, a estrutura a ser demolida será pulverizada com água antes demolição. A aspensão com água deve continuar sobre a estrutura durante demolição;
- m) Uma vez que a segurança e o sucesso do projeto dependem muito do operador, este deve ter comprovada experiência e habilidade para operar a bola de demolição;
- n) Uma pessoa deve estar no local durante a operação, para auxiliar o operador e para garantir segurança no local durante a demolição. Esta deve ter um vasto conhecimento e experiência no uso da bola de demolição. A qualificação e experiência da pessoa no local devem ser equivalentes às do operador da bola de demolição.

3.4 Demolição por colapso deliberado

Este tipo de demolição estrutural tem por base a remoção dos elementos “chave” da estrutura pretendendo causar o colapso da totalidade ou de parte do edifício ou estrutura [BS 6187, 2011]. A demolição por colapso da estrutura é utilizada maioritariamente das vezes quando se pretende a demolição total da estrutura, já que é difícil controlar o colapso parcial, deixando o resto da estrutura estável. É utilizada em locais onde não é colocada em causa a segurança de edificações vizinhas, tendo sempre em atenção as distâncias mínimas de segurança para pessoal e máquinas. É efetuada usualmente com auxílio de explosivos ou através de demolição mecânica, dando uso a cabos que puxam os elementos “chave”. [Abdullah, 2003]

3.4.1 Método de demolição mecânica

A demolição mecânica envolve a utilização de maquinaria pesada e de vários acessórios a essa maquinaria, dependendo do método a utilizar. Os métodos de demolição mecânica mais comuns são efetuados: através de cabos com o derrube da estrutura para o exterior; com guias de braços longos, a partir do chão, que podem empurrar a estrutura, tombando ela para o interior, ou puxar, tombando para o exterior; e também com guias munidas de garras para a elevação de elementos da estrutura, quebrando-a em secções. Este tipo de demolição só pode ser efetuado em edifícios isolados e com uma altura na ordem dos 15 metros. A figura que se segue (Figura 47) exemplifica os tipos de demolição mecânica referidos.

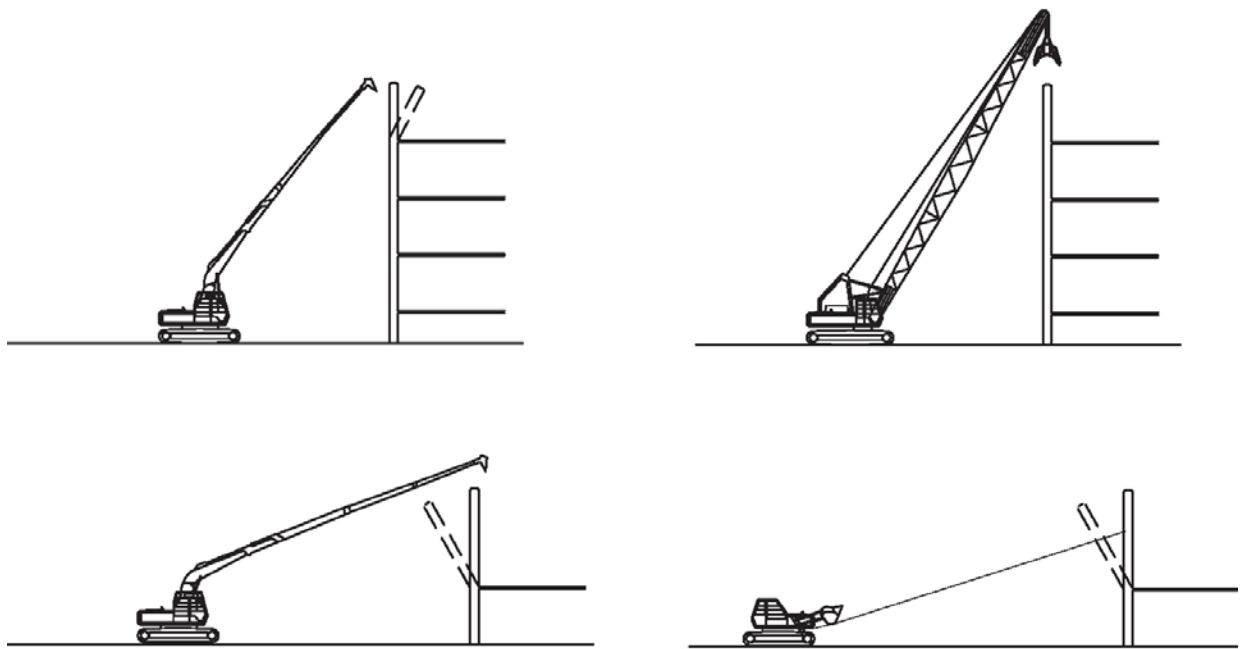


Figura 47 - Demolição por empurre dos elementos, demolição por grua com garras, demolição por empuxe, e demolição com auxílio de cabos (da esquerda para a direita, de cima para baixo) [Buildings Dep Jp, 2011].

As normas e boas práticas de execução deste método de demolição são apresentadas abaixo:

- A maquinaria deve ser operada a partir do solo, que deve estar bem compactado e com uma inclinação relativamente baixa. Além disso, deve ter um adequado contrapeso para evitar o capotamento durante a operação;
- Todo o equipamento, como cordas e acessórios das guias, devem ser inspecionados frequentemente e devem ser reparados ou substituídos sempre que necessário;
- O impacto provocado pelo colapso das secções estruturais no solo deve ser verificado para evitar uma potencial sobrecarga do piso, bem como eventuais vibrações e perturbações de propriedades adjacentes e danos nos serviços públicos subterrâneos, caso existam;

- d) O local deve ter vigilância a tempo inteiro para evitar que pessoas não autorizadas entrem na obra. Nenhuma pessoa deve permanecer dentro da área de trabalho da máquina ou no edifício enquanto a máquina está em funcionamento;
- e) A estrutura deve ser pulverizada com água de modo a evitar, ou a reduzir, a quantidade de poeira proveniente dos trabalhos;
- f) A cabine da máquina deve ser equipada com vidro à prova de impacto e a sua construção deve ser robusta o suficiente para proteger o operador de detritos;
- g) Deve estar sempre presente no local uma pessoa que ofereça orientação e assistência ao operador da demolição.

Adicionalmente ao que acima foi mencionado, especificam-se agora alguns critérios a adotar para os vários “tipos” de demolições mecânicas.

3.4.1.1 Método mecânico por empurre

Este método é realizado com auxílio de escavadoras e pode ser aplicado empurrando a estrutura, dando-se o colapso dos elementos para o seu interior, ou puxando-os de forma a que o colapso seja para o exterior. Para a realização deste método é necessário garantir determinadas condições, nomeadamente:

- a) O braço da grua e a grua em si devem ter capacidade para puxar ou empurrar os elementos a demolir sem pôr em causa a integridade dos materiais. A grua a utilizar deve ser do tipo operada a partir do solo e nunca se deve utilizar a lança de uma grua torre;
- b) Deve ser mantida uma distância de segurança entre a grua e o edifício com cerca de metade da altura a que se encontra o elemento a ser demolido, no caso deste ser empurrado para o interior do edifício. Já se o elemento a ser demolido for puxado para o exterior do edifício, essa distância passa para uma vez e meia a altura do elemento ser puxado;
- c) O ponto de aplicação da força para empurrar o elemento não deve estar a menos de dois terços da altura do mesmo;
- d) Este método, quer seja empurrando os elementos, quer seja puxando, não deve ser aplicado a edifícios com mais de 15 metros de altura;

3.4.1.2 Método mecânico por colapso

Este método mecânico consiste na eliminação, ou enfraquecimento dos principais elementos estruturais, de forma a induzir o colapso da estrutura. As condições especiais para este tipo de metodologias por colapso induzido são as seguintes:

- a) Garantir uma distância mínima de uma vez e meia a altura do elemento a ser demolido;
- b) Os procedimentos e a sequência dos trabalhos a realizar devem ser cuidadosamente planejados e executados, principalmente no que diz respeito à eliminação/enfraquecimento dos elementos, de modo a que não ocorram colapsos imprevistos nem fora da área delimitada;
- c) A aplicação deste tipo de metodologia não deve ser efetuada em edifícios cuja altura exceda os 15 metros.

3.4.1.3 Método mecânico por cabos

A aplicação deste método envolve geralmente o uso de maquinaria pesada, como bulldozer (trator de rasto) que puxam os cabos, ou através de máquinas com bobines de grande potência, conseguindo desta forma que os cabos sejam puxados e o derrube dos elementos se dê para o exterior do edifício. Condições especiais para a utilização deste método são abaixo listadas:

- a) É necessário garantir uma distância de segurança entre a máquina e o edifício de uma vez e meia a altura a que se encontra o elemento a ser demolido;
- b) No caso de ser um trator a puxar o cabo, este deve estar sempre numa trajetória perfeitamente paralela à do cabo durante a operação;
- c) No caso do cabo ser puxado por uma máquina com bonina, deve ser feito um sistema de ancoragem capaz;
- d) O cabo de aço ou as correntes usadas devem ter uma resistência nunca inferior a quatro vezes a força que teoricamente será necessária. Deve ser feita a sua inspeção pelo menos duas vezes por dia, de modo a garantir que o cabo não apresenta desgaste significativo nem danos que ponham em causa a sua integridade;
- e) Qualquer elemento da estrutura do edifício que possa danificar prematuramente os cabos deve ser retirado previamente;
- f) Se necessário, pode proceder-se ao enfraquecimento da zona inferior do elemento, de modo a facilitar a sua derrocada quando puxado;

- g) Todos os trabalhadores devem manter a distância de segurança acima mencionada, bem como manter uma distância de segurança para o caso do cabo se partir durante a operação;
- h) Esta metodologia é limitada a edifícios cuja altura não ultrapasse os 15 metros;

3.4.1.4 Método mecânico por grua com garras

Este método envolve o uso de uma grua assente no solo, com um braço longo, equipado com um sistema de garras hidráulicas, que vai progressivamente “desmontando” os elementos que compõem a estrutura. São discriminadas abaixo as especificações deste método:

- a) Deve ser mantida uma distância mínima entre a grua e o edifício de metade da altura a que se encontra o elemento a ser demolido;
- b) O processo de desmonte dos elementos de ser efetuado de cima para baixo;
- c) O ponto de aplicação da garra para a elevação do elemento a ser demolido deve ser sempre superior a um metro de altura da estrutura;

3.4.2 Método com recurso a explosivos

3.4.2.1 Considerações prévias

Se a intenção for explodir a estrutura do prédio, a empresa de demolição contratada deverá efetuar um relatório de avaliação de riscos ambientais e um relatório de avaliação sobre o efeito de implosão na área afetada. Com os resultados positivos, tanto na avaliação de risco e avaliação de impacto ambiental, e com o acordo da respetiva autoridade de homologação, pode então dar-se início ao estudo da estrutura do edifício e ao desenvolvimento do projeto de demolição. O projeto de demolição deve incluir o pré-enfraquecimento da estrutura, a estratégia de posicionamento dos explosivos e o atraso de tempo de modo a que o prédio se desmorone de uma forma segura. O pré-enfraquecimento da estrutura pode incluir o corte de uma ou várias paredes ou outros elementos estruturais. Pode ser realizado um teste de rebentamento com o intuito de verificar a força do membro estrutural e para fazer o ajuste fino do explosivo para o projeto. A proteção das habitações e propriedades adjacentes é também bastante importante.

3.4.2.2 Generalidades

Devem ser tomadas todas as preocupações de ordem geral e de boas práticas em obras de demolição deste tipo, nomeadamente:

- a) Devem ser efetuados estudos estruturais aos elementos existentes de modo a garantir a segurança no acesso ao edifício antes da demolição;
- b) A fim de minimizar a dispersão dos detritos resultantes da detonação da construção a demolir para terrenos adjacentes ou até danificar outras construções, dever-se-á construir uma parede com alguma resistência, podendo ser dispensadas estas construções acessórias caso o edifício possua uma cave com dimensão suficiente para, após a sua implosão, “acomodar” todos os detritos resultantes;
- c) O bom dimensionamento do projeto irá fazer com que a estrutura caia sobre ela mesma e/ou na área protegida definida;
- d) A correta elaboração do projeto de implosão, nomeadamente a definição precisa dos tempos de detonação dos vários elementos, fará com que os detritos de apenas um ou dois andares do edifício caiam em queda livre até ao nível do solo, conseguindo-se assim uma minimização da amplitude de impacto;
- e) O projeto deve também incorporar a identificação de uma zona de evacuação durante a detonação. Para delinear esta zona deve-se ter em conta, para além do perímetro de segurança da própria explosão, a poeira e o ruído gerados pela mesma. O raio que tipicamente se adota, e dentro do qual não poderá permanecer ninguém, não deve ser inferior a duas vezes e meia a altura do edifício;
- f) Se existirem taludes, arribas ou outros elementos com características geotécnicas semelhantes, ter-se-á de efetuar uma avaliação da zona de modo a garantir que, após a detonação, não irão ocorrer assentamentos ou deslizamentos de terras;
- g) Todo o local deve estar sobre vigilância durante 24 horas por dia. O manuseamento e o armazenamento do material explosivo devem ser efetuados de acordo com o perigo que representam. O especialista em explosivos deve ter experiência comprovada em edifícios similares e nas atividades que irá exercer. Terá de ser obtida a permissão, por parte das entidades competentes, para proceder ao rebentamento e, nessa altura, efetuar a completa evacuação de toda a vizinhança;
- h) A empresa contratada para efetuar a demolição deve trabalhar conjuntamente com todas as autoridades responsáveis para elaborarem da melhor maneira o plano de evacuação, coordenando, caso necessário, os cortes nas vias rodoferroviárias e efetuando da melhor forma a notificação da vizinhança para a evacuação. A detonação deve ser efetuada preferencialmente a um domingo ou a um dia de feriado de modo a causar o menor transtorno possível nos serviços;

- i) Deve ser preparado um plano de emergência para qualquer eventualidade, como por exemplo, uma explosão prematura, uma falha no rebentamento, ou qualquer interrupção devido às mais diversas condições, incluindo as condições meteorológicas;
- j) Após o rebentamento, os especialistas devem fazer uma verificação de todos os explosivos, garantindo que não se encontra nenhum por ativar. Caso essa situação ocorra, todo o local e vizinhança devem permanecer evacuados como se de um novo rebentamento se tratasse;
- k) Caso seja possível, deve ser utilizado um sistema não-elétrico para efetuar a detonação, de forma a evitar interferências que poderiam causar a detonação precoce. Devem ser utilizados sistemas redundantes para efetuar a ignição dos explosivos, isto é, sistemas que incluam mais que uma ação para a ignição;
- l) O modelo de previsão do colapso deve demonstrar que determinadas regras são cumpridas, tais como:
 - 1) Nenhuma parte do edifício cairá fora da zona protegida;
 - 2) O impacto do colapso da estrutura no solo não poderá causar vibrações significativas, que possam causar danos em túneis subterrâneos, caixas técnicas que passem debaixo do solo e eventuais danos a estruturas vizinhas.
- m) A segurança estrutural do edifício a ser implodido deve ser verificada de modo que seja seguro a circulação de pessoas e máquinas dentro do mesmo.

3.4.2.3 Mecanismos de colapso de estruturas por explosões

Existem quatro mecanismos básicos de colapso para definir o sentido de queda da estrutura (cada um de forma isolado ou a conjugação entre eles), tendo em conta as características do edifício (geometria e resistência) e o meio envolvente (área disponível para a queda da estrutura, proximidade do edifício e espaços públicos). O sentido desejado para a queda do edifício é concretizado com a adequada colocação das cargas explosivas e sequência de detonação, podendo ser definidos os seguintes mecanismos: (i) Mecanismo tipo Telescópio; (ii) Mecanismo tipo Derrube; (iii) Mecanismo tipo Implosão e (iv) Mecanismo tipo Colapso Progressivo ou sequencial. A figura 48, que abaixo se apresenta, exemplifica claramente estes quatro tipos de colapso.



Figura 48 - Mecanismos de colapso [site: implosionworld.com]

A selecção do mecanismo de colapso é condicionada pelos fatores que podem influenciar a execução do projeto. Esses fatores baseiam-se no conhecimento da estrutura a demolir e têm em conta as restrições do meio envolvente. O mecanismo mais apropriado é claramente definido, permitindo assim obter o resultado pretendido pelo técnico projetista, sabendo que se pretende:

- O controlo da projeção dos materiais resultantes da explosão, assim como limitar o dispersar de poeiras, com vista a reduzir o impacte ambiental;
- A previsão do comportamento da estrutura durante a demolição, tentando desta forma evitar possíveis acidentes e obter um colapso perfeitamente controlado;
- A redução da onda de choque e das vibrações no solo, através do emprego de sistemas de atraso nas detonações e sistemas de proteção às imediações da explosão.

Mecanismo tipo Telescópio

É um método em que o mecanismo de queda da estrutura é semelhante ao fecho de um “telescópio”. É utilizado na demolição de estruturas ocas, altas e delgadas, em que o seu peso próprio não é relevante na queda nem no impacto com o solo, e em que se prevê que o material resultante da queda ocupe um espaço aproximadamente igual ao que a estrutura inicialmente ocupava. É empregue, normalmente, na

demolição de torres de arrefecimento das centrais termoelétricas, chaminés de alvenaria ou betão. A detonação dos explosivos pode ser efetuada, simultaneamente ou não, em vários troços de altura das torres, provocando o seu derrube. É um método muito semelhante ao mecanismo de implosão, em que se pretende efetuar a demolição sem grandes projeções de fragmentos nas áreas adjacentes mas sim uma queda no mesmo espaço em que se encontra.

Mecanismo tipo Derrube

O mecanismo tipo derrube é um método muito similar ao realizado para o derrube de uma árvore, em que se faz um corte na base, provocando uma queda lateral. Na demolição isso é possível graças ao uso de explosivos, a partir da detonação de cargas explosivas na base (ou vários em altura) de edifícios muito altos, em que a relação entre a altura e a base é muito significativa, provocando o seu derrube numa área predefinida, sem perigo de provocar danos. É empregue em chaminés, depósitos elevados, bunkers e estruturas de aço, como postes de eletricidade de alta tensão.

Normalmente, este mecanismo necessita de menos trabalhos preparatórios, assim como não exige a utilização de grandes quantidades de explosivos. No entanto, pode-se induzir na estrutura, dependendo da sua construção, uma maior fragmentação durante o colapso e no impacto com o solo. Permite, quando cuidadosamente planeada, uma grande precisão do local da queda.

Mecanismo tipo Implosão

Este método é o mais utilizado na demolição com uso de explosivos e também o mais conhecido do público em geral pela sua espetacularidade. É utilizado em estruturas de elevado porte, em que se pretende uma queda (similar ao mecanismo “telescópio”) numa área muito restrita, sendo na maioria dos casos uma queda no mesmo espaço ocupado pelo edifício, devido à proximidade de edifícios (espaços muito confinados), espaços públicos ou de áreas protegidas, por falta de espaço para a queda nas imediações. O mecanismo consiste na utilização de reduzida quantidade de explosivos, mas colocados de forma estratégica, criando uma descontinuidade em certos pontos da estrutura (normalmente pilares e vigas) e fazendo com que esta entre em ruína. O colapso é provocado no interior (centralmente) fazendo com que a estrutura ceda por si mesma, como se algo a “puxasse” para o seu centro de gravidade, sem haver grande projeção de destroços para o exterior.

Mecanismo tipo Colapso sequencial

O mecanismo tipo colapso sequencial é caracterizado por vários autores como sendo similar à queda de peças de um jogo de dominó, em que uma peça em queda vai bater noutra, provocando a sua queda e assim sucessivamente. Esta técnica está relacionada ao mecanismo de implosão mas em vez de ser centralizado é linear e em vez de ser “puxado” para o centro de gravidade do edifício é “puxado” por uma das extremidades. Este mecanismo é aplicado em edifícios, ou conjunto de edifícios, de enorme porte e com grande desenvolvimento em comprimento. A grande diferença entre este mecanismo de

colapso e os outros é que neste pretende-se diminuir o impacto da estrutura no solo, com uma queda em diferentes intervalos de tempo, diminuindo assim as vibrações na proximidade de outros edifícios e infraestruturas.

3.5 Desconstrução ou demolição por remoção progressiva de elementos

A remoção de elementos consiste na demolição de partes selecionadas da estrutura pelo seu desmantelamento ou desconstrução [BS 6187, 2011]. A desconstrução é, como o nome diz, o processo inverso à construção, e consiste no desmantelamento da estrutura a partir da cobertura até ao nível do solo. O processo é efetuado de modo a maximizar o aproveitamento dos elementos da estrutura para reutilização ou reciclagem. Esta técnica pode ser utilizada como preparação para utilização de outra técnica, preparando-se a estrutura para ser posteriormente demolida por colapso deliberado. [Abdullah, 2003] Desta forma, os elementos a ser removidos são devidamente marcados, deixando os elementos “chave” necessários à condução do colapso. Note-se que este é um processo que tem de ser devidamente planeado de modo a evitar a possível instabilidade da estrutura. Caso esta seja verificada, o processo deve ser imediatamente interrompido. Este tipo de demolição estrutural pode ser efetuado dando uso a várias técnicas e com o uso, ou não, de maquinaria.

3.5.1 “Top Down” – Método manual

3.5.1.1 Generalidades

No método “Top Down”, tal como o nome indica, procede-se ao desmonte do edifício, de modo geral, do telhado para o solo. Existem, no entanto, sequências específicas de demolição que podem variar, dependendo das condições do local e elementos estruturais a serem demolidos.

Para edifícios de betão armado, são normalmente utilizados martelos pneumáticos para quebrar o betão, juntamente com maçaricos de oxiacetileno para cortar armaduras. Os elementos estruturais devem ser demolidos gradualmente, ou por métodos alternativos, como descrito na secção 3.5.1.2. As armaduras devem permanecer até que todo o betão a elas ligado ou a suportar a armadura seja removido ou quando já não é necessário o seu apoio. Coberturas em consola, varandas e paredes exteriores são elementos críticos na demolição de edifícios. Em áreas congestionadas, estes elementos podem ser críticos no que diz respeito à segurança do público. A demolição é então realizada com extrema cautela. Se se optar pelo uso de cordas ou de cabos de aço para fazer “descer” os elementos estruturais, as mesmas devem ser pelo menos 4 vezes mais fortes do que a força de tração prevista, e a sua segurança deve ser verificada pelo menos duas vezes por dia. Além disso, os trabalhadores devem ser protegidos dos cabos e das amarras.

3.5.1.2 Sequência de demolição

A sequência de demolição deve ser determinada de acordo com as condições locais, restrições, a disposição do edifício, bem como a disposição dos elementos estruturais e toda a sua construção. Em geral, aplica-se a sequência seguinte:

- a) Todas as coberturas em consola, varandas e elementos ligados às paredes externas devem ser demolidos antes da demolição do edifício principal, bem as suas estruturas internas em cada piso;
- b) Ao demolir a estrutura da cobertura, todas as salas de máquinas de elevadores, tanques de água de alto nível devem ser demolidos em sequência "cima baixo";
- c) A demolição de lajes iniciar-se-á a meio vão e o trabalho será no sentido do apoio das vigas;
- d) As lajes vigadas devem ser demolidas no fim, e com a seguinte sequência:
 - i. Vigas em consola;
 - ii. Vigas secundárias;
 - iii. Vigas principais.

No caso da estabilidade estrutural das vigas ser afetada, as vigas devem ser apoiadas antes da perda de suporte ou contenção;

- e) As paredes não estruturais devem ser removidas antes das paredes que exercem função estrutural;
- f) Os pilares e as paredes estruturais devem ser demolidos após a remoção das vigas existentes no seu topo;
- g) Se as condições do local permitirem, a laje de piso diretamente acima do piso térreo pode ser demolida por máquinas assentes no pavimento, utilizando os acessórios apropriados.

3.5.2 “Top Down” – Utilizando maquinaria

3.5.2.1 Generalidades

A sequência de demolição feita por maquinaria é normalmente a mesma que a utilizada pelo método manual. A demolição inicia-se com o levantamento das máquinas para o piso superior do edifício. Quando é usada qualquer tipo de corda ou cabo, para a elevação, os trabalhadores devem ser protegidos ou permanecer afastados da área de alcance da corda ou cabo, que deve ter uma resistência de, pelo menos, 4 vezes a carga prevista.

3.5.2.2 Sequência de demolição

O procedimento da demolição deve ser determinado de acordo com as condições do local, restrições, características originais do edifício e a sua construção. Em geral, a sequência a aplicar é a seguinte:

- a) Antes da demolição dos pisos internos, todas as lajes e vigas em consola, bem como marquises e varandas devem primeiro ser demolidas;
- b) Os elementos estruturais, de um modo geral, devem ser demolidos na seguinte sequência:
 - i. Laje;
 - ii. Vigas secundárias;
 - iii. Vigas estruturais.
- c) O acesso da maquinaria aos pisos inferiores será feito com uma rampa de acesso temporário, ou descidas até o próximo andar por máquinas de elevação ou por outros meios apropriados;
- d) As máquinas podem trabalhar nos elementos estruturais do piso onde se encontram e demolir as lajes do piso imediatamente acima;
- e) As fachadas, incluindo as vigas e colunas, serão demolidas gradualmente por rompimento do betão ou puxando-as para baixo de forma controlada.

3.6 Outros métodos

3.6.1 Agente não explosivo

Entende-se por agente não explosivo qualquer agente de demolição estática. Quando o composto reage num sítio confinado, como um buraco, este tem tendência a expandir, gerando uma enorme pressão por expansão e levando o elemento que se pretende demolir a rachar e a quebrar. Esta técnica é adequada para ambientes onde o ruído, os detritos e a vibração são menos tolerados. O padrão de perfuração deve ser previamente concebido. Para grandes projetos, poder-se-ão realizar teste de rebentamento controlado. O agente deve ser misturado com água para formar uma pasta e imediatamente colocado em furos previamente realizados. A intensidade de carregamento e o conteúdo de água devem ser controladas para otimizar a pressão expansiva e prevenir o rebentamento do agente.

O efeito de quebra destes compostos é relativamente pequeno em comparação com os explosivos. São necessários esforços secundários para demolir por completo os elementos e detritos de maior dimensão, o que normalmente é feito com auxílio de meios mecânicos.

Este método pode ser utilizado em trabalhos de demolição de fundações de edifícios, de muros de suporte e para o desmonte de rochas. Nesta última situação, e sempre que necessário, o agente deve ser contido em sacos impermeáveis de modo a evitar o seu infiltramento em possíveis juntas.

3.6.2 Serra de corte

A utilização da serra de corte é adequada para obras de alteração, em que a precisão do corte é importante e a tolerância ao ruído e vibração é muito limitada. A serra pode ser utilizada para cortar vigas de betão, pilares e segmentos de parede. Eventualmente, pode utilizar-se para o desmonte completo de um prédio, mas tratar-se-ia de um processo moroso. A serra de corte pode ser utilizada com um disco convencional, com disco diamantado, com corrente de corte (moto serra), ou com fio de corte.

O fio de corte é composto por um fio de aço geralmente impregnado com pepitas de diamante para aumentar a sua capacidade de corte. A utilização do fio de corte é adequada em projetos que exijam precisão e total controlo dos trabalhos de demolição. Neste método, é necessária a realização de pré-furos para a passagem do fio. Devido à sua flexibilidade, este método pode ser usado em zonas de difícil acesso, como por exemplo, no corte de pilares e de pontes em marinas.

A utilização de brocas de carotes pode ser adotada para cortar elementos de betão através da furação contínua de um conjunto de carotes no elemento. A espessura da laje ou elemento a furar fará depender o equipamento a utilizar, nomeadamente o comprimento da broca. Este tipo de método é particularmente adequado para a abertura de caixas de passagem de tubagens quando não for possível deixar negativos no betão.

Todos estes métodos do tipo abrasivos envolvem a utilização de grandes quantidades de líquido de refrigeração, que pode ser simplesmente água, ou um outro tipo de líquido. Devem ser asseguradas as medidas para garantir a provisão contínua desse líquido, e se possível, efetuar o seu reaproveitamento.

3.6.3 Corte e elevação

O método de corte e elevação envolve inicialmente o corte da estrutura em peças individuais ou pequenos segmentos, e, em seguida, o levantamento das peças, com a ajuda de uma grua, para o solo ou para um outro local onde serão posteriormente demolidas e/ou recicladas. As lajes podem ser cortadas em segmentos com alguma dimensão, e, em seguida, podem ser desfeitas em partes menores para serem levadas a vazadouro. As estruturas pré-fabricadas de betão armado podem ser cortadas em troços menores, se necessário, e então retiradas com o auxílio da grua, na ordem inversa à da sua construção. Este método de corte e elevação pode ser aplicado para remover com segurança os elementos que se projetam para além das linha de construções, como é o exemplo de marquises com

estrutura metálica, varandas em betão armado e elementos de embelezamento arquitetónico. A sequência construtiva deste método de demolição é geralmente a que se descreve abaixo:

- a) Antecedentemente a qualquer corte, é indispensável efetuar uma análise estrutural dos elementos da construção, quer sejam os a ser demolidos, como os a permanecer, se for caso disso;
- b) Os elementos a ser removidos devem ser previamente seguros, seja por elementos de suporte temporário, seja pelos cabos da grua que efetuará a elevação. A grua que fará a elevação dos elementos da estrutura terá de ter capacidade de elevação suficiente para elevar o segmento cortado. Os cabos de elevação não poderão ter uma resistência à tensão inferior a quatro vezes a necessária para o segmento mais pesado;
- c) Após o corte do elemento a remover, a sua descida para o solo e para o camião de transporte deve ser efetuada com precaução, evitando sempre a queda livre de qualquer segmento;
- d) Por último, todas as máquinas envolvidas no processo devem ser específicas para o mesmo, precavendo o uso de maquinaria inadequada.

3.6.4 Lança térmica

No processo de demolição com lança térmica é utilizado um jato de metal derretido que corta com toda a facilidade quase todos os tipos de materiais: aço, betão, betão armado, pedra, chapas metálicas, ficando o operador a uma distância considerável da peça a cortar (normalmente, mais de um metro), prevenindo-se o risco de acidentes e de lesões provocados pela elevada temperatura produzida e pela projeção de faíscas e de fragmentos do material. Pode também reforçar-se a proteção do trabalhador com um painel metálico de proteção. A figura 49 exemplifica a execução de um corte efetuado pelo sistema de lança térmica.

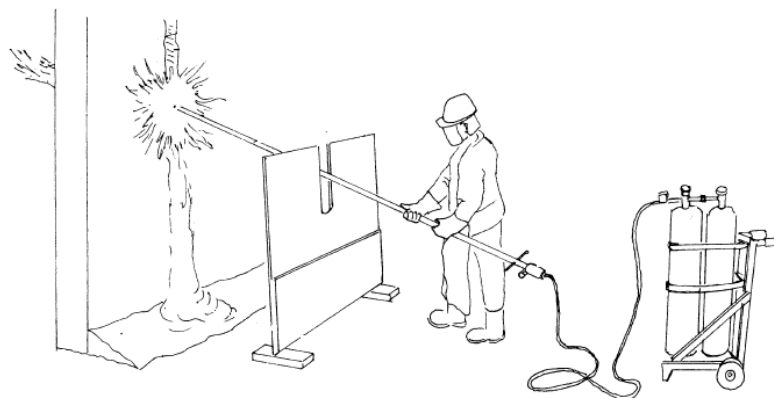


Figura 49 - Corte por lança térmica [Mascarenhas, 2008].

O corte é executado através de um jacto de metal fundido, que é conseguido pela fusão de um sistema de oxi-acetileno, conduzida por uma lança (tubo) de ferro com varões de ferro e alumínio no seu interior, que é derretido devido a uma fonte de injeção de oxigénio pela extremidade oposta, conseguindo por combustão do material da barra derreter, perfurar e cortar aço e peças em betão armado. Existe ainda a possibilidade de utilizar um sistema de mistura de pólvora/oxigénio, que possibilita um maior rendimento de corte mas também um maior consumo de oxigénio, tornando-se mais dispendioso.

O corte de um elemento de betão armado efetuado por uma lança térmica envolve temperaturas na ordem dos 2.000 a 4.000°C, pelo que são necessárias medidas especiais de segurança no manuseamento dos equipamentos. Este tipo de método apenas será utilizado quando:

- a) O projeto demonstre que não há qualquer outra alternativa viável;
- b) Há condições para garantir todas as medidas de segurança aos intervenientes na atuação bem como a qualquer pessoa terceira a esta, e quando não existir qualquer risco de incêndio e se consiga isolar a manobra por completo.

3.6.5 Hidrodemolição

É um método eficiente, com um rendimento muito superior a qualquer dos - métodos tradicionais, no que diz respeito a realizar a demolição de uma forma seletiva, sem causar vibrações nem danos secundários (micro-fissuração) A hidrodemolição é normalmente utilizada em trabalhos de remoção da camada superficial deteriorada do betão e em grandes superfícies. O método consiste em vencer a resistência da argamassa de betão à tração, com a pressão do jacto de água a uma pressão de 900 a 2500bar com um caudal de 227 litros por cada minuto e com rendimentos de 0,5 a 1m³ por hora (dependendo da qualidade do betão, tipo de armadura de ferro, da profundidade do material a ser removido e da qualidade dos agregados), deixando os inertes de maiores dimensões soltos a cair ou a serem arrastados. A espessura de betão a remover é controlada pela combinação da pressão, fluxo de água e movimento do jacto e a energia necessária para o funcionamento do equipamento é fornecida por ar comprimido, o qual impulsiona a água através de uma bomba de alta pressão. [Gomes e Oliveira, 2010]. A superfície de remoção do betão fica irregular e rugosa, ideal para a aderência de novo betão ou uma nova camada de revestimento; por vezes faz-se apenas a remoção de betão deixando as armaduras existentes intactas para posterior limpeza de substâncias desagradáveis como as provenientes de corrosão. Com diversas aplicações em estruturas de betão, em particular superfícies planas verticais ou horizontais, como do teto, em docas, pavimentos, tanques, portas e pilares, barragens, túneis, canais de água, pontes, cais, etc.

A aplicação dos jatos de água deve estar sujeita aos seguintes critérios:

- a) Fornecimento de água contínua, podendo ser água da rede, mas tendo de existir um sistema de reaproveitamento e reciclagem dessa água;
- b) A área situada atrás do elemento estrutural a ser removido deve ser protegida, de modo a evitar danos a pessoas ou a outra parte da estrutura;
- c) No caso de jatos de água com agentes abrasivos, a proteção de outros elementos, que não o elemento a ser cortado, deve ser efetuada com redobrada atenção.

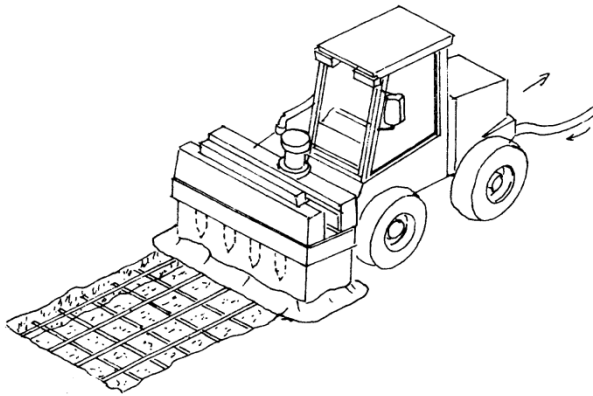


Figura 51 - Máquina de hidrodemolição para pavimentos [Mascarenhas, 2008].

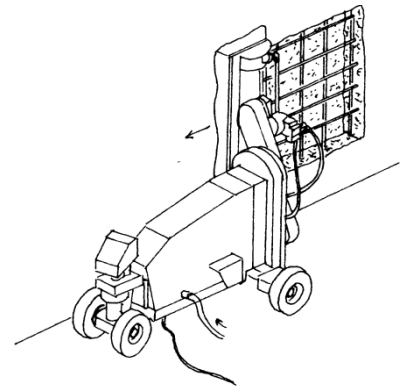


Figura 50 - Máquina de hidrodemolição para paredes [Mascarenhas, 2008].

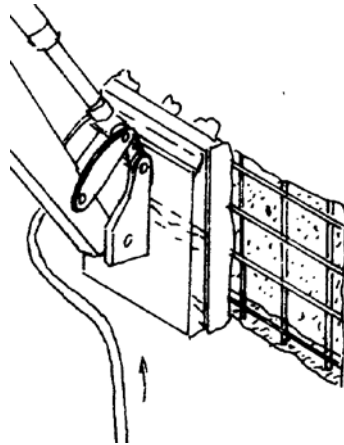


Figura 52 - Acessório para acoplar no braço de uma escavadora para zonas de difícil alcance [Mascarenhas, 2008].

3.6.6 Processos elétricos

A aplicação de processos elétricos na demolição foi iniciada em 1982. No entanto, são pouco utilizadas devido às suas limitações e inconvenientes e também por não permitirem a demolição global das estruturas. Porém, existem vários sistemas de demolição sendo o mais utilizado (na remoção de betão superficial) o que recorre ao sistema micro-ondas.

3.6.6.1 Aquecimento das armaduras (indução de calor)

O processo de aquecimento de armaduras por indução de calor baseia-se na passagem de corrente elétrica nas armaduras, através da ligação por soldadura a um sistema de baixa tensão, comportando-se as armaduras como resistências elétricas que são levadas ao rubro por efeito de joule. O betão mantém-se à temperatura ambiente, sendo que a diferença de temperatura verificada entre este e as armaduras, faz com que estas últimas percam a sua aderência ao betão, dando origem à fissuração da peça, com a ajuda com a desidratação do betão e da expansão entre os inertes. Trata-se de um método de aplicação limitada a varões até 10mm de diâmetro e possui riscos de curto-circuito. Exige ainda a aplicação de uma grande potência elétrica, tornando o processo dispendioso.

3.6.6.2 Eletrofratura

Com a eletrofratura pretende-se fragilizar as peças de betão por dilatação, através de um sistema elétrico em que a peça é submetida a uma corrente de alta frequência. Os elétrodos são fixos a uma tenaz montada numa braçadeira, tornando-a condutora, sendo este processo seguido de perdas dielétricas no seu interior. Após a aplicação do circuito elétrico à peça de betão é mais fácil e rápido efetuar a sua demolição com recurso a ferramentas mecânicas. Neste processo, uma corrente de alta tensão é enviada durante 2 a 3 minutos, ao mesmo tempo que a peça é fortemente apertada por macacos hidráulicos, provocando-se assim o desmantelamento da peça.

3.6.6.3 Arco voltaico

A descarga por arco voltaico é gerada entre dois elétrodos de grafite, montados axialmente e separados por certa distância, sendo mantida por uma fonte de potência pré-estabelecida e atingindo temperaturas entre os 4000 e os 8000°C. As vantagens desta técnica são: não produz ruídos, vibrações nem poeiras e é eficaz no corte de superfícies irregulares. Porém, apresenta algumas desvantagens como: danifica o betão que não se pretende demolir; é um método lento e dispendioso; produz fumos; existem riscos de eletrocussão. De salientar que este equipamento não se encontra disponível comercialmente.

3.6.6.4 Micro-ondas

O método de micro-ondas é utilizado na remoção de camadas de betão superficialmente deterioradas em maciços de betão simples, utilizando ondas eletromagnéticas de hiperfrequências. O sistema consiste em aquecer o betão, projetando as ondas eletromagnéticas sobre a peça e, de acordo com o princípio do campo eletrónico, provocando microfissuras. O betão superficial é removido por esfoliação, devido à aplicação de elevadas temperaturas no interior da peça, retirando água no seu interior e provocando a sua desfragmentação e separação dos inertes. Possui um rendimento de 20cm de profundidade por metro quadrado em cerca de 5 minutos. Esta técnica apresenta algumas vantagens como: rapidez, ausências de ruídos, fumos, vibrações, projeção de detritos e interferências com redes

de telecomunicação. Porém, apresenta alguns inconvenientes tais como: não corta armaduras, o que obriga à necessidade de as cortar por outros processos; o processo é perigoso; o equipamento é pesado e necessita de mão-de-obra altamente qualificada.

3.7 Análise comparativa da aplicabilidade das técnicas

De forma a analisar sucintamente as várias técnicas de demolição que aqui foram apresentadas, elaboraram-se os quadros resumo apresentados nas Tabelas 4 e 5, onde, de forma criteriosa, e para as situações mais correntes quer ao nível das estruturas como um todo, quer ao nível dos elementos estruturais, se indica a aplicabilidade das técnicas de demolição, bem como as suas características, tanto ao nível da operabilidade, como ao nível dos seus registos de poluição.

Tabela 4 - Características gerais dos métodos de demolição atendendo à sua aplicabilidade elemento a elemento, características de operabilidade e poluição [Buildings Dep Jp, 2011]

Método	Aplicabilidade (1- Eficiente; 2- Moderada; 3- Não eficiente)					Característica de operabilidade			Características de poluição			Observações
	Pilar	Viga	Lage	Parede	Fundação	Eficiência	Esforço secundário	Condições gerais	Ruído	Vibração	Pó	
Top-down manual	1	1	1	1	1	Boa	NA	- Piso a piso em sequência descendente; - Precauções para locais confinados.	4	3	4	- Utilizando essencialment e martelo pneumático
Top-down por maquinaria	1	1	1	1	1	Excelente	NA	- Piso a piso em sequência descendente; - Reforço para a circulação da máquina no edifício; - Precauções para locais confinados.	4	4	4	- Utilizando essencialment e ponteira pneumática
Top-down por maquinaria	1	1	1	1	2	Má	NA	- Piso a piso em sequência descendente; - Reforço para a circulação da máquina no edifício; - Precauções para locais confinados.	2	4	4	- Utilizando essencialment e tesoura hidráulica

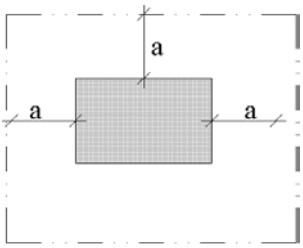
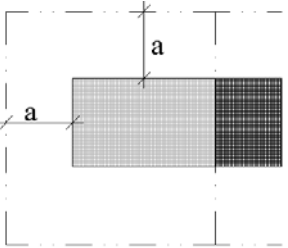
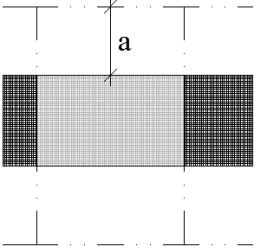
Método	Aplicabilidade (1- Eficiente; 2- Moderada; 3- Não eficiente)					Característica de operabilidade			Características de poluição			Observações
	Pilar	Viga	Lage	Parede	Fundação	Eficiência	Esforço secundário	Condições gerais	Ruído	Vibração	Pó	
Maquinaria com braço longo	1	1	1	1	2	Excelente	NA	- Entrada restrita no local de trabalhos; - Solo nivelado e compactado para a máquina; - Necessidade de grande área para manobras da máquina.	3	4	4	- Utilizando essencialment e tesoura hidráulica
Bola de demolição	1	2	2	1	3	Excelente	NA	- Entrada restrita no local de trabalhos; - Solo nivelado e compactado para a máquina; - Necessidade de grande área para manobras da máquina.	3	4	4	- Em queda vertical e horizontal
Implosão	1	1	3	3	1	Excelente	Sim	- Necessárias proteções de ruído, vibrações e detritos; - Mão-de-obra muito especializada; - Evacuação da vizinhança à obra; - Diversos riscos ligados à manipulação de explosivos.	4	4	4	- Uso geral de explosivos para totalidade da demolição
Maquinaria pelo exterior do edifício	1	1	2	1	3	Excelente	Sim	- Prevenção de queda de elementos ou do colapso imprevisto; - Necessidade de grande área para manobras da máquina.	4	4	4	- Utilizando a generalidade de acessórios
Corte e elevação	1	1	1	1	3	Boa	Sim	- Plataforma de trabalho sólida e plana; - Preparação cuidada da elevação dos elementos;	3	1	2	- Utilizando essencialment e serra circular
Serra de corte	1	1	1	1	3	Boa	Sim	- Plataforma de trabalho sólida e plana; - Preparação cuidada da elevação dos elementos se tal for necessário; - Medidas preventivas para a eventual quebra do fio.	3	1	2	- Utilizando essencialment e fio de corte

Método	Aplicabilidade (1- Eficiente; 2- Moderada; 3- Não eficiente)					Característica de operabilidade			Características de poluição			Observações
	Pilar	Viga	Lage	Parede	Fundação	Eficiência	Esforço secundário	Condições gerais	Ruído	Vibração	Pó	
Serra de corte	2	2	1	1	1	Má	Sim	- Plataforma de trabalho sólida e plana;	3	1	2	- Utilizando essencialment e brocas ocas
Agente não explosivo	2	2	3	3	1	Má	Sim		3	1	2	
Lança térmica	2	2	2	2	3	Má	Sim	- Proteções para o pessoal que manipula a máquina; - Proteção de elemento que não serão demolidos;	3	1	2	
Hidrodemolição	2	2	2	2	3	Má	Sim	- Cuidados com a alta pressão que está inerente à manipulação da pistola;	3	1	2	

Legenda:

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ruído: | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 (<70dB); ▪ 2 (70 - 74dB); ▪ 3 (75 - 79dB); ▪ 4 (80dB>). |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vibração: | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 (Não sentida pelo corpo humano); ▪ 2 (Sentida mas pouco significativa); ▪ 3 (Pouco eventualmente causar danos); ▪ 4 (Se muito exposto causa danos no corpo humano). |

Tabela 5 - Aplicabilidade de algumas técnicas de demolição, tendo em conta o tipo de estrutura e a sua vizinhança [Gomes e Oliveira, 2010].

Tipos de estrutura	Métodos de demolição					
						
	$a > 2h$	$a \leq 2h$	$a \geq 2h$	$a \geq 2h$	$a \leq 2h$	$a \leq 2h$
	Edifício isolado		Edifício confinado		Edifício confinado	
Edifícios até 2 pisos ($h < 10\text{ m}$)	ABCD	ABDE	ABDE		ADE	
Edifícios ($h > 10\text{ m}$)	ABDE		ABDE		AD	
Estruturas de grande porte	Est. Metálicas	ACE	AE	AE		AE
	Est. Betão Armado	ADE	ADE	ADE		AE
	Est. Madeira	ABCDE	ABDE	ABDE		ABDE
Escadas e varandas	ADE		ADE		ADE	

Legenda:

- A – Demolição manual;
- B – Braço de demolição;
- C – Colapso deliberado;
- D – Bola de demolição;
- E – Demolição por outros meios mecânico excluindo cabos.

a – Espaço livre entre o edifício a demolir e o limite de utilização para a obra;

h – Altura do edifício a demolir.



– Edifício a demolir;



– Edifícios vizinhos

– CAPÍTULO 4 –

CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS À EXECUÇÃO DE UM PROJETO DE DEMOLIÇÃO

4.1 Generalidades

De uma forma geral, os trabalhos de demolição apresentam grandes dificuldades e riscos. O domínio do processo de demolição é essencial para que se consiga garantir a integridade de construções vizinhas bem como a segurança do pessoal que executa esse trabalho. A eventual falta desse domínio, em determinado instante, origina muitas vezes a ocorrência de acidentes, causados maioritariamente pela falta de controlo na demolição de partes da estrutura a demolir, levando à sua derrocada total inesperada. Posto isto, os métodos utilizados no processo de demolição da estrutura, nomeadamente, o equipamento necessário para a realização desse trabalho e as medidas a tomar para uma execução correta e segura, bem como a preparação global do planeamento de todos trabalhos preliminares a realizar e da demolição propriamente dita são primordiais. Assim, o planeamento da sequência de execução dos trabalhos de demolição tem grande importância e deve ser executado por uma pessoa competente e experiente, tal como prescrito no Decreto-Lei nº 41.821, de 11 de Agosto de 1958: “toda a obra de demolição de edificações deve ser dirigida por um técnico responsável pela aplicação das medidas necessárias à natureza dos trabalhos e à proteção e segurança de pessoas e bens, quer se trate dos trabalhadores, quer do público”.

Assim, antes de se iniciar qualquer trabalho de demolição, deve-se elaborar um estudo prévio com o propósito de determinar o estado da construção, dos elementos estruturais como pisos, paredes, pilares, etc., por forma a se poder adotar as medidas necessárias para evitar a rutura prematura de qualquer parte da estrutura. Se os trabalhos de demolição do edifício em causa comprometerem o correto funcionamento estrutural de edifícios adjacentes, estes deverão ser avaliados antecipadamente de modo a registar possíveis danos já existentes. A monitorização deverá então ser continuada durante e após a realização dos trabalhos, permitindo assim a deteção de eventuais danos, devendo os mesmos ser devidamente registados, e se necessário, proceder a reforço estrutural e conseqüente reparação.

Não menos importantes são as questões legais, pois a única forma de se poder prestar a melhor assistência a uma qualquer eventualidade é identificar, à priori, a possibilidade da sua ocorrência, devendo dar-se a conhecer todos os procedimentos e mapa de trabalhos a executar às autoridades competentes.

4.2 Consideração ao nível do edifício e do meio envolvente

A inspeção do meio envolvente permite a identificação de possíveis restrições que possam de alguma forma interferir com o mecanismo de colapso escolhido. Posteriormente, e com base nos elementos obtidos, procede-se ao estudo do mecanismo de colapso a aplicar. Esta escolha deve ser complementada com uma análise criteriosa da previsão do comportamento adquirido pela estrutura após o início dos trabalhos.

Atendendo ao local onde se irá proceder à obra de demolição, poderá ser necessário proceder a um conjunto de requisitos legais, tais como permissões das autoridades locais (segurança pública) para a eventual necessidade de encerramento de vias de comunicação, pedidos de licenças para a realização de ruídos, vibrações ou poeiras, requisição de contentores para depósito de resíduos provenientes da demolição, entre outros. [BS 6187, 2011]

As condições meteorológicas previstas para os dias em que se procede aos trabalhos é também um fator de grande importância, evitando-se assim que as mesmas possam prejudicar os trabalhos e o programa de demolição. [BS 6187, 2011]

4.2.1 Avaliação do edifício

De modo a se poder analisar qual o melhor método de demolição a aplicar em cada situação, é necessário reunir toda a informação disponível sobre a estrutura a demolir, incluindo as dimensões dos elementos da estrutura, a localização de eventuais juntas ou pontos da estrutura que possam afetar o mecanismo projetado e o tipo de fundações. Esta avaliação é feita com base nos elementos escritos e nas peças desenhadas existentes ou, caso estas não existam, é realizada recorrendo-se à observação, a testes de carga e a uma inspeção cuidada, obtendo-se assim a caracterização da estrutura [Safe Work Au, 2012] Em geral, a avaliação deve incluir uma análise do edifício e um levantamento estrutural feito com o auxílio de fotografias ou vídeos feitos para referências futuras. Com base nos resultados dessas pesquisas, é então elaborado um plano de demolição e que deve ser acompanhado de um relatório de cálculos estruturais que avaliem a estabilidade do edifício a ser demolido, bem como de todos os edifícios ou estruturas adjacentes, acessos, terrenos e serviços.

Caso a necessidade de demolição surja por ocorrência de um anterior incêndio, há que ter em conta que a avaliação da resistência do edifício pode conter alguns “erros” provenientes das deformações elásticas que a estrutura sofre devido às elevadas temperaturas, podendo inclusive existir elementos encurvados e que apenas se encontram nessa posição devido à existência de obstáculos que, uma vez removidos, conduzem a movimentos violentos dos elementos no sentido de recuperarem a sua posição inicial, com inevitável desmoronamento de parte da construção.

4.2.1.1 Registo de plantas

Antes da avaliação do edifício é necessário verificar a existência de plantas e desenhos do mesmo e da área envolvente. Caso não haja qualquer registo, dever-se-á proceder à sua elaboração e ainda, incluir uma planta de pormenor, mostrando, se existirem, propriedades adjacentes, passeios para pedestres, estradas e ruas, etc..

4.2.1.2 Itens a recolher na avaliação

A avaliação do edifício deve abranger os seguintes pontos:

- a) Os materiais de construção;
- b) A atual utilização do edifício e, se possível, utilizações anteriores;
- c) A presença de águas residuais, de materiais perigosos, de resíduos de produtos químicos tóxicos, inflamáveis ou explosivos, de materiais radioativos ou outros que possam contribuir para a poluição do ar e do solo;
- d) A identificação de áreas potencialmente perigosas, por exemplo, a presença de espaços fechados e não ventilados, poços de elevadores, etc.;
- e) A existência de propriedades adjacentes ou estruturas vizinhas ao local, incluindo muros de suporte de terras, pontes, estradas, estruturas ferroviárias, cabos aéreos, e todas as estruturas e serviços aéreos e no subsolo que possam eventualmente ser afetados durante o decorrer da obra;
- f) As condições de drenagem e possíveis problemas relacionados com os recursos hídricos, como inundações e erosão do solo, especialmente em locais inclinados;
- g) As instalações partilhadas com edifícios adjacentes, incluindo escadas comuns, paredes divididas, e possível efeito sobre estas;
- h) A necessidade de utilização de uma passagem coberta para pedestres e verificação das condições de tráfego de veículos;
- i) A averiguação da disponibilidade de altura livre, e espaço em circundante livre com a distância aos prédios vizinhos, condições que muito podem afetar a operação de carregamento e transporte de detritos durante a construção de demolição;
- j) A sensibilidade da população residente na área no que diz respeito ao ruído, poeira, vibração e impacto de tráfego;
- k) A área disponível para permitir a permanência de detritos para a sua classificação e separação;
- l) A existência de edifícios comerciais ou outros serviços públicos que possam ser afetados pela mesma.

4.2.1.3 Materiais perigosos

A menos que a avaliação do edifício permita afirmar com toda a certeza que não existe qualquer material perigoso no edifício, será necessário a intervenção de pessoal autorizado para realizar a amostragem e testes apropriados para os materiais perigosos. Assim, no caso da existência de materiais perigosos, como por exemplo, amianto, petróleo ou outros elementos combustíveis, ter-se-á de acionar os meios legais junto das autoridades competentes para a eliminação dos mesmos. Por sua vez, no caso de o local ter sido previamente utilizado para armazenamento de produtos químicos ou outros produtos perigosos, será necessária a verificação da contaminação do solo na fase de pré-demolição e/ou na fase de pós-demolição. Se o local tiver sido previamente utilizado para armazenar explosivos, ter-se-á de efetuar uma limpeza por pessoal autorizado por forma a garantir que não haja qualquer tipo de material explosivo no local.

4.2.2 Avaliação estrutural

4.2.2.1 Registo de plantas

Antes do levantamento estrutural, é necessário verificar a existência de plantas e desenhos de registo estrutural. Se estes desenhos estiverem disponíveis, devem ser utilizados como referência e de preferência ser trazidos juntamente com o levantamento estrutural a realizar.

4.2.2.2 Itens a recolher na avaliação

O levantamento estrutural deve abranger os seguintes pontos:

- a) Os materiais estruturais utilizados;
- b) O sistema estrutural original;
- c) O método de construção;
- d) Qualquer deterioração observada em elementos estruturais;
- e) As condições estruturais de estabilidade dos edifícios adjacentes e a eventual necessidade de escoramento durante a realização dos trabalhos de demolição;
- f) A presença de estruturas contíguas, ou apoiadas, que possam ser cortadas pela demolição;
- g) O sistema estrutural e condições estruturais de porões, tanques subterrâneos ou abóbadas subterrâneas;
- h) A natureza de paredes estruturais reforçadas, paredes de suporte de carga e paredes divisórias;
- i) Existência de elementos em consola, como varandas ou outras formas arquitetónicas;

4.2.2.3 Investigação e Ensaaios

No caso de não existir projeto de estabilidade do edifício, a pesquisa estrutural deve incluir a medição local de modo a se conseguir obter um enquadramento estrutural, necessário para a realização da obra de demolição. Deverão ser também realizados testes de desempenho e, eventualmente, expôr alguns elementos estruturais essenciais para facilitar a verificação de estrutura existente. Assim, mesmo sem a existência do projeto de estabilidade, será possível conseguir um desenvolvimento de procedimentos que garantam a estabilidade do edifício em todas as fases da demolição.

4.2.2.3.1 Relatório de estabilidade incluindo cálculos

O plano de demolição deve ser acompanhado de um relatório de estabilidade com cálculos de apoio, que demonstre a integridade estrutural do edifício no início e decorrer dos trabalhos. O relatório de estabilidade deve incluir os seguintes pontos:

- a) No caso de ser necessário a utilização de equipamentos pesados no edifício, deverá ser apresentado um relatório que demonstre que tais equipamentos não comprometem a estabilidade estrutural do edifício;
- b) Um relatório sobre a estabilidade dos edifícios vizinhos e propriedades adjacentes, como indicado na secção anterior;
- c) No caso de ser necessário a realização de suportes temporários ou permanentes nos edifícios vizinhos, terá de ser apresentado um relatório da sua estabilidade durante toda a obra;
- d) Um relatório com os cálculos demonstrando que a demolição não tornará insuficiente a margem de segurança, ou causará dano a qualquer construção, estrutura, rua, solo e serviços.

4.2.3 Meios e serviços

A localização de todos os serviços de utilidade pública deve constar no planeamento da obra de demolição, e é uma das tarefas com grande relevância para evitar complicações durante a atividade de demolição. Todos os serviços de redes elétrica, de gás, de água, e de esgotos devem ser desativados, no interior e no exterior do edifício, antes de se dar início ao processo de demolição. Qualquer empresa que esteja implicada nestas desativações deverá ser notificada com antecedência, para que seja possível obter a aprovação por parte dos vários serviços [Safe Work Au, 2012]. Caso seja necessário o fornecimento de água, eletricidade ou outros utilitários durante a demolição, essas linhas devem ser mantidas temporariamente e, sempre que necessário, protegidas. Os trabalhos só deverão iniciar-se depois de se assegurar que todas as medidas descritas acima se encontram garantidas.

Deve também ser averiguado se, no local, possam ter sido armazenados ou utilizados gases explosivos, substâncias químicas perigosas, material inflamável, ou semelhantes. Caso se confirme a

existência de algum tipo de substância potencialmente perigosa, ou que esta não seja facilmente identificada, devem ser recolhidas amostras para posteriormente serem analisadas por um técnico qualificado para o efeito, antes da demolição, de modo a eliminar qualquer risco.

4.2.4 Trânsito circundante

As questões relacionadas com as vias de circulação são de extrema importância, já que grande parte das demolições são realizadas em centros urbanos com grande densidade de tráfego, pelo que as considerações a tomar neste assunto não podem ficar esquecidas.

Qualquer encerramento de estradas e passeios pode ter um sério impacto na circulação do trânsito e dos pedestres, pelo que causa uma grande perturbação ao público. Portanto, sendo possível, as atividades que provocam o encerramento destas vias devem ser evitadas. Se tal for inevitável, o procedimento a seguir deve ser, em primeiro lugar, a solicitação do encerramento às autoridades competentes e, em segundo lugar, averiguar se há possibilidade de o encerramento temporário poder ser efetuado em horário noturno ou durante o fim de semana.

O encerramento temporário de vias de trânsito pode também ser considerado para casos excepcionais em que não exista alternativa prática para demolir com segurança os elementos da construção, tais como estruturas em consola.

4.2.4.1 Avaliação do impacto no trânsito

Se o encerramento de vias for inevitável, deve ser efetuada uma avaliação que este provocará no trânsito rodoviário e pedestre. Essa avaliação seguirá para as autoridades competentes e serão então estudadas medidas preventivas para minimizar esse impacto, bem como a construção de alternativas aos acessos que se fecharão.

4.2.4.2 Acesso ao local da obra

Ter-se-ão de tomar todas as medidas de segurança para garantir a entrada e saída de veículos no local, sem trazer transtorno de maior para a vizinhança. Alguns dos aspetos a rever serão:

- a) A altura livre adequada para a passagem de máquinas;
- b) Linha de visão para as entradas e saídas em segurança;
- c) Vias distintas de entrada e saída;
- d) Delimitação do local de carga e descarga;
- e) Correta iluminação.

4.3 Considerações ambientais

Os requisitos gerais para minimizar os impactos ambientais de locais de construção podem também ser aplicados aos processos de demolição. As subseções, que seguem abaixo, contêm alguns dos procedimentos a serem adotados:

4.3.1 Poluição do Ar

As atividades de britagem dos detritos, e sua separação, tratamento de resíduos e os processos de carregamento e transporte são as principais fontes de poeira no local da demolição, isto dependendo do método que se está a utilizar. Medidas de mitigação poeira devem ser tomadas de modo a cumprir o controlo da poluição atmosférica. A queima de resíduos no local da obra trata-se de uma atividade que, à partida, não é permitida, salvo raras exceções a ser averiguadas juntos das autoridades competentes. Os fumos de escape de máquinas e outros equipamentos terão de estar de acordo com o limite de emissões permitido legalmente.

4.3.2 Ruído

A poluição sonora decorrente das obras de demolição deve-se essencialmente ao uso de equipamentos mecânicos pesados, geradores, britadeiras, carregamento e transporte de detritos, queda de grandes elementos da estrutura, etc., entre um grande leque de outras atividades inerentes a qualquer obra. Este tipo de poluição afeta tanto os trabalhadores como todas as pessoas que se encontrem na vizinhança do local. Silenciadores nos escapes das máquinas, geradores e britadeiras serão obrigatórios, dependendo das condições de sensibilidade da vizinhança. Caso a demolição seja próxima de serviços com condição sensível a esta questão, como hospitais, lares e equiparados, escolas, etc., ter-se-á de requisitar licenças próprias e as atividades de demolição ficam restritas aos horários permitidos. Não existindo limitações desse tipo, as restrições horárias serão as definidas pelo Regulamento Geral do Ruído RGR [RGR, 2007] e afixadas no local.

4.3.3 Água

A descarga de águas residuais provenientes de locais de demolição exige uma licença específica, inerente a uma avaliação e inspeção. É de extrema importância manter um sistema de drenagem eficaz de modo a evitar inundações em poços ou valas criados pelas atividades de demolição.

4.3.4 Materiais Perigosos

Todos os materiais potencialmente perigosos, quer para a saúde quer para o meio ambiente, sejam eles, tóxicos, corrosivos, inflamáveis ou voláteis, devem ser identificados e devidamente tratados (removidos ou armazenados devidamente) antes do início da demolição do edifício.

4.4 Manipulação de detritos

4.4.1 Reciclagem de detritos

Tomar medidas ao longo do processo de demolição, no que diz respeito a separação dos detritos, torna o trabalho de manipulação destes muito mais facilitado, minimizando a quantidade de detritos que é levada a vazadouro e permitindo uma maior reciclagem e reutilização.

O método de “demolição seletiva” deve ser adotado, na medida do praticável. O objetivo principal da demolição seletiva é facilitar a reciclagem de resíduos para reutilização benéfica, minimizando, assim, a carga sobre aterros municipais e áreas de abastecimento público. Em geral, os resíduos domésticos, como móveis, eletrodomésticos, etc., componentes metálicos, tais como janelas, tubulações, etc., componentes de madeira, como portas, pisos de madeira, etc., outros resíduos, tais como telhas, materiais asfálticos, produtos cerâmicos devem ser removidos primeiro, independentemente da técnica de demolição adotada pois a maior parte destes materiais pode ser reciclada. O processo de demolição propriamente dito deve começar depois de tudo o acima mencionado ter sido retirado e removido. A sequência de demolição deve ser planeada para permitir a separação e triagem de materiais de construção ao longo do processo de demolição. Os restos de betão devem ser divididos em tamanhos menores de modo a facilitar a separação do aço das armaduras. Os detritos de betão podem ser pulverizados em tamanhos menores e reutilizados na base dos pavimentos de estradas de transporte temporários no local de obra, entre muitas outras utilizações, incluindo a sua comercialização. Todo este processo de reaproveitamento e reciclagem dos detritos é de grande importância para a sustentabilidade. Inúmeros regulamentos e normas têm vindo a ser criados no sentido de otimizar os resíduos da construção e demolição (Ver secção 2.4).

4.4.2 Minimização da poeira

Para evitar a geração de poeira durante a queda e eliminação de escombros, pode ser simplesmente aplicada uma pulverização de água na estrutura ou nos detritos. No entanto, e como foi visto acima, deve assegurar-se a correta drenagem e posterior descarga dessa água.

4.4.3 Acumulação de detritos

Em geral, a acumulação de detritos nos andares não é permitida, exceto se o acúmulo dos detritos tiver sido previamente calculado. No entanto, estes nunca devem ser acumulados junto a um paramento exterior, evitando o perigo de derrocada deste. A acumulação de detritos no local deve ser previamente estudada.

4.4.4 Sistema de gestão de detritos

De modo a evitar a acumulação de detritos, o que pode causar embaraço e perigo no local de obra, a eliminação destes deve ser planeada. O sistema de eliminação e gestão de detritos deve estabelecer claramente os pontos que abaixo se apresentam:

- a) Método de tratamento dos detritos da demolição, por fases e ao longo das atividades;
- b) O encaminhamento e movimento de detritos de cada piso para o local onde serão armazenados até serem eliminados;
- c) Os meios de transporte de detritos para fora do local;
- d) O tempo e a frequência de eliminação de detritos para fora do local;
- e) Sistema de registo sobre a tonelagem de cada carga de camião, bem como todos os dados de entradas e saídas desses veículos em obra;
- f) A definição de um local de estacionamento desses veículos;
- g) Definição de um técnico responsável pela supervisão de todo este processo, nomeadamente no que diz respeito à legislação em vigor.

4.4.5 Carregamento dos detritos

No caso de máquinas de carregamento e os respetivos camiões de transporte terem de trabalhar ao nível do piso térreo, devem ser consideradas as seguintes condições:

- a) A rota de todas as máquinas intervenientes no processo para evitar conflitos entre si e com suportes temporários;
- b) A altura livre trabalhando no piso térreo deve ser verificada;
- c) O eventual refortalecimento das vias de circulação destes equipamentos deve ser avaliado.

4.4.6 Tratamento e gestão de resíduos

A triagem, no local da construção, de excedentes do material de demolição é altamente recomendável, para que o material inerte possa ser encaminhado para zonas de reciclagem e reaproveitamento, tanto quanto possível, e os restantes resíduos descartados em aterros. Devem ser adquiridas licenças para a remoção de materiais a vazadouro, bem como estudado o local, adequado, mais próximo para esse descarte. Os materiais a transportar a vazadouro devem estar isentos de qualquer lixo doméstico, plástico, metal, resíduos industriais e químicos, animais e vegetais e outros materiais considerados inadequados. Pequenas quantidades de madeira misturada com outra forma de material adequado podem ser permitidas. Todos os materiais resultantes dos trabalhos de demolição devem ser classificados no local e separados em grupos diferentes para descarte em aterros, próprios para a sua categoria ou reciclagem, conforme o caso. Consoante o acordado entre o dono de obra e o empreiteiro,

será necessário um plano de gestão de resíduos, com as quantidades de material exetável para possível utilização em obra nova ou venda.

4.5 Considerações após a demolição

Uma vez que a demolição tenha sido concluída, o local deverá ser restabelecido eliminando qualquer potencial perigo para o público. Devem ser consideradas as seguintes medidas de precaução:

- a) O local deve ser nivelado e limpo de quaisquer detritos, bem como deve ser efetuada uma drenagem adequada;
- b) Se um novo desenvolvimento não for imediatamente iniciado, o local deve ser completamente fechado para evitar a invasão de propriedade pública;
- c) Tratamento permanente das paredes divisórias expostas de edifícios adjacentes, bem como uma vistoria à integridade estrutural destas e, se necessário, aplicar medidas de reforço;
- d) Efetuar o nivelamento de escavações e valas, que devem estar devidamente sinalizadas e vedadas, principalmente se forem para ficar a céu aberto, e alertar para as consequências que as águas poderão trazer nessas valas;
- e) Para locais com inclinação significativa, e locais com presença de muros de suporte, serão incluídas as seguintes medidas de precaução adicionais:
 - i. A superfície do solo deve ser selada para evitar a infiltração excessiva de água;
 - ii. As estruturas e taludes que se apresentem instáveis devem ser estabilizados;
 - iii. Os planos de demolição devem ser fornecidos ao dono de obra para que, no eventual desenvolvimento de uma futura estrutura, não existam complicações devido elementos de suporte e estabilização.

4.6 Seleção do método de demolição

Nas operações de demolição de edifícios correntes ou de qualquer outro tipo de estrutura, existe atualmente uma multitude de técnicas disponíveis. Estas técnicas podem nalguns casos ser facilmente integradas em grupos, em face da sua semelhança ou da proximidade do seu princípio de funcionamento. Em muitos casos, no entanto, cai-se em situações de fronteira dificilmente classificáveis e, noutros ainda, recorre-se a equipamento de origem diversa. Por todas estas razões, torna-se difícil encontrar um sistema que se afigure universalmente consensual. Uma outra dificuldade não negligenciável é o facto de, em diferentes países haver por vezes alguma confusão em relação à terminologia a adotar, o que tem como resultado correr-se o risco de descrever como diferenciadas técnicas que, na realidade, se baseiam no mesmo princípio de funcionamento. Existe também alguma

escassez de bibliografia especializada sobre os temas de carácter intrinsecamente técnico e, particularmente, no que se refere às demolições.

Sabe-se então que nas obras de demolição, os engenheiros civis são confrontados logo à partida com a problemática da escolha do método de demolição que melhor se adapta à situação com que se deparam. Na prática, a decisão é baseada na experiência, habilidade e conhecimento técnico da demolição. Além disso, há outros fatores que influenciam os problemas de decisão, e as inter-relações entre esses fatores são muito complicadas. [Abdullah, Anumba e Durmisevic, 2006] Segundo Abdullah (2002) existem seis critérios principais de seleção, e vários subcritérios, que afetam a escolha de técnicas de demolição, são eles: características estruturais; condição do local; custos da obra de demolição; experiência adquirida no passado; tempo total da realização da demolição; e finalmente, a necessidade de reutilização e/ou de reciclagem dos materiais. Investigações feitas por Kasai (1998) sugerem a existência de oito critérios: tipo de estrutura que compõe a construção; a localização do edifício; o nível permitido de ruído, poeiras e outros constrangimentos ao normal funcionamento da zona; âmbito da demolição; utilização anterior e próxima do edifício; os condicionamentos que poderão ocorrer na segurança; o tempo e custo da obra de demolição. Ainda, de acordo com Fueyo (2003) e com a *Asociación Española de Empresarios de Demolición*, AEDED, (2008) os fatores que influenciam a escolha do tipo de metodologia a aplicar são: o tipo de estrutura e as características dos materiais constituintes (tipo, dureza, etc.); o estado da estrutura; o sistema construtivo; a altura e a área em planta do edifício; o local onde está instalada a estrutura e o espaço disponível; o meio ambiente que a rodeia e as condições meteorológicas; o tempo de execução da demolição; a gestão dos resíduos resultantes, necessidade ou não de reutilização ou reciclagem; a relação da estrutura a demolir com estruturas vizinhas (influência de vibrações, possibilidade de uso de maquinaria especial, etc.); e o orçamento disponível para a obra de demolição.

Note-se que todos estes investigadores concordam que uma das principais decisões passa obrigatoriamente por garantir a saúde e segurança, quer dos intervenientes da obra e da obra em si, como dos transeuntes e da zona onde se insere a obra. [Abdullah, Anumba e Durmisevic, 2006]. A seleção da técnica mais adequada de demolição será o resultado de uma combinação única entre todos os critérios acima mencionados e ainda subcritérios específicos que podem condicionar a escolha da técnica a implementar.

4.6.1 Critérios de seleção

Pretende-se aqui apresentar os critérios definidos por Kasai (1998), de modo a se perceber, genericamente, em que consistem.

- **Forma estrutural do edifício** – A estrutura do edifício, incluindo materiais utilizados, forma da estrutura em si, tamanho e estabilidade que apresenta, afeta a seleção da técnica a empregar

na sua demolição. Por exemplo, um edifício multifamiliar de dez andares, quando comparado com uma moradia unifamiliar de apenas um piso térreo, tem claramente de ter um processo de demolição distinto;

- **Dimensão da construção** – A dimensão da construção que temos presente irá determinar o processo e técnicas a utilizar na obra de demolição. Caso estejamos perante uma construção a uma grande escala por exemplo, serão aplicadas, eventualmente, uma combinação de técnicas e processos de modo a otimizar a obra de demolição;
- **Local da obra de demolição** – Uma estrutura a demolir no centro de um grande cidade, ou numa zona mais antiga da cidade, terá um processo de demolição completamente distinto de uma que se localize num local remoto;
- **Níveis permitidos de incómodo** – O barulho, o pó e as vibrações podem causar grande transtorno numa cidade e estes, nos trabalhos de demolição, podem atingir níveis bastante elevados. Os níveis permitidos variam de local para local, e são condicionados especialmente pela ocupação da envolvente. Por exemplo, se existir proximidade de uma escola ou igreja, existirão constrangimentos relativos aos níveis permitidos de transtorno. Na seleção das técnicas de demolição isto é um ponto a ter em conta, e há que fazer a escolha de modo a respeitar esses níveis;
- **Utilização do edifício** – A utilização primária do edifício pode também condicionar a escolha do método de demolição. Por exemplo, um edifício contaminado, como é exemplo uma central nuclear, tem de ter um modo de operar completamente diferente de um outro qualquer tipo de edifício residencial;
- **Segurança** – Garantir a segurança dos operadores e trabalhadores, do público e do ambiente envolvente tem grande importância na escolha da técnica de demolição;
- **Prazo de execução** – Cada obra de demolição, associada à sua técnica, tem o seu prazo estimado para a conclusão. A escolha da técnica a utilizar irá depender do prazo que é imposto pelo cliente ou do prazo que se tem para a eventual ocupação do local.

Os seis primeiros critérios têm principalmente em conta os aspetos físicos da estrutura do edifício a demolir, enquanto os dois últimos ressaltam que não são apenas as características do edifício que condiciona a escolha do método de demolição a empregar. A consideração dos aspetos relacionados com a segurança irá influenciar bastante a escolha do método, sejam estes relacionados com a legislação civil, ou relacionados com questões ambientais e de saúde pública. Também as condições contratuais podem influenciar a escolha do método de demolição a empregar.

De modo a reforçar a ideia de que a decisão da escolha do método de demolição a empregar não depende só dos aspetos físicos do edifício, apresentam-se três critérios desenvolvidos por Hurley *et al.* [2001], que podem ser acoplados aos oito acima descritos.

- **A especialidade da empresa contratada** – A área em que a empresa se especializou, ou se foi especializando ao longo do tempo, irá afetar a escolha na técnica de demolição a utilizar. Por exemplo, uma empresa muito familiarizada com um determinado método de demolição irá, muito provavelmente, optar pelo uso dessa técnica ao invés de procurar outra solução que até poderia ser mais indicada para o caso em análise. Se, obrigatoriamente, a empresa em questão tiver de optar por uma solução que não se enquadra na sua “área de conforto”, a empresa eventualmente irá optar por soluções como subempreitadas ou cedência de obra;
- **Destino dos materiais constituintes do edifício** – Depois da demolição da estrutura, o destino dos detritos resultantes da demolição e de outros componentes poderá afetar a metodologia de demolição a empregar. Como já foi visto, existem técnicas que permitem uma separação dos materiais ao longo do processo de demolição, como por exemplo a desconstrução, enquanto que outras deixam o edifício reduzido a detritos de tamanho manejável por máquinas mas não possibilitando a separação prévia dos materiais constituintes. Se, à partida, se pretende reutilizar ou reciclar os materiais, ter-se-á de optar por uma técnica que não comprometa a integridade dos mesmos, como é o caso da utilização de explosivos, por exemplo.
- **Fator monetário** – Se uma determinada empresa apresentar uma proposta com uma técnica de demolição mais onerosa que as restantes, e que não adiciona qualquer outra vantagem, como a recuperação de materiais ou a redução de custos de transporte a vazadouro, essa empresa será à partida passada para “o fundo da lista”. Note-se que o melhor método de demolição poderá não ser o que apresenta o menor custo, pois existem técnicas mais onerosas que permitem grande aproveitamento do material, seja para reutilizar com o mesmo fim, seja para reciclar e utilizar com um outro fim, possibilitando eventualmente a venda de algum do material ou a sua utilização numa futura obra.

Tal como anteriormente mencionado na subsecção 2.5, a seleção da técnica de demolição a implementar é uma escolha que é feita na fase de adjudicação. Na prática, esta escolha é feita com base no plano de risco e em outros fatores como a disponibilidade das técnicas e os fatores económicos. No entanto, o que tem maior peso para essa seleção é a experiência anterior e o conhecimento das técnicas de demolição. [Abdullah, 2003]

4.6.2 Condições de aplicabilidade das técnicas de demolição

De modo a perceber que critérios são utilizados para a escolha de um método de demolição, apresentam-se, nas tabelas 6, 7, 8 e 9, as justificações para o uso de uma determinada técnica de demolição e em que condições podem ter aplicabilidade. Os critérios apresentados foram reunidos por Abdullah [2003], através da realização de um inquérito feito a empresas de demolição, e são apresentados, a título exemplificativo, os que se referem à demolição tipo *Top down* manual e com recurso a maquinaria, demolição por agentes químicos e hidrodemolição.

Tabela 6 - Áreas de aplicabilidade de demolição manual (Método *Top down*) [Abdullah, 2003].

Técnica	Área de aplicação
Demolição manual	<ul style="list-style-type: none"> ▪ É utilizada para situações em que seja necessário separar a estrutura a ser demolida de estruturas adjacentes; ▪ Trabalhos realizados próximos de serviços ativos ou áreas públicas; ▪ Onde não haja possibilidade de utilização de maquinaria devido à localização ou à segurança; ▪ Locais onde o perigo de contaminação seja uma preocupação; ▪ Remoção de materiais acessórios à estrutura como portas, janelas, cozinhas e lavabos.

Tabela 7 - Áreas de aplicabilidade de demolição por maquinaria (Método *Top down*) [Abdullah, 2003].

Técnica	Área de aplicação
Demolição por máquinas de controlo remoto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilizada em meio perigosos, por exemplo em estrutura com um elevado grau de instabilidade; ▪ Demolições internas, como por exemplo demolição de lajes em edifícios multifamiliares de vários andares; ▪ Pré demolição de estruturas para a posterior demolição por outro método, como é o caso da preparação para empregar explosivos; ▪ Áreas confinadas e que apresentem perigo de derrocada; ▪ Demolições em locais que apresente perigo de contaminação, como por exemplo em central nucleares.
Demolição por máquinas de braço longo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ É utilizada em edifício multifamiliares de vários pisos ou estruturas em altura, até onde seja possível executar, com este tipo de máquina e que o acesso seja possível pelo interior; ▪ Fácil de empregar e de executar, e com grande rapidez;

Técnica	Área de aplicação
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Em estruturas isoladas sem perigo de danificar construções adjacentes; ▪ Em situações que a desconstrução não é necessária nem há possibilidade do uso de explosivos.
<p>Demolição por torres e guas de longo alcance</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ É utilizada em edifício multifamiliares de vários pisos ou estruturas de grande altura; ▪ Utilização de guas moveis para auxiliar a demolição através do exterior com passadiços ou andaimes em balanço; ▪ Utilizada quando a desconstrução e reaproveitamento do material são fatores primordiais; ▪ É sempre utilizada em associação com demolição por processos manuais; ▪ Em situações de desmantelamento da estrutura.
<p>Demolição com acessórios hidráulicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ É utilizada sempre que haja possibilidade; ▪ Aplicabilidade em várias das técnicas de demolição com as mais variadas funções desde a desconstrução até auxilio a técnicas com uso de explosivos.
<p>Demolição por bola de demolição</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Em locais muito isolados com grandes áreas abertas; ▪ Muito raramente usada; ▪ Locais onde não haja qualquer tipo de restrições; ▪ Quando o preço é um fator muito importante e não há possibilidade de utilização de outra técnica mais dispendiosa; ▪ Utilizada em determinadas demolições para a destruição de chaminés; ▪ Onde não existe a mínima possibilidade de causar qualquer dano colateral.
<p>Demolição por corte e elevação</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilizada onde a reutilização dos materiais for um fator de grande importância no projeto; ▪ Em situações de demolição parcial, mesmo quando se pretende dividir um elemento estrutural; ▪ Quando há necessidade de separar elementos da estrutura a demolir de estruturas adjacentes; ▪ Utilizada quando há proximidade de serviços ativos ou zonas publicas de grande constrangimento; ▪ Utilizada em pontes, passadiços ou remoção de lajes de um edifício; ▪ Grande aplicabilidade em obras portuárias de difícil acesso.

Tabela 8 - Áreas de aplicabilidade de demolições “não convencionais” [Abdullah, 2003].

Técnica	Área de aplicação
Demolição por explosivos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilizada em estruturas muito altas, como torres de metal e chaminés de antigas fabricas, utilizada em pontes e viadutos, antigos armazéns; ▪ É uma técnica onde a rapidez e a eficácia com que se coloca todo o edifício ao nível do solo não tem par; ▪ Aplicável desde que haja permissão das autoridades e dos serviços adjacentes à estrutura; ▪ Maior aplicabilidade para estruturas isoladas; ▪ Utilizada quando estamos presentes estruturas de grande altura e não há possibilidade de efetuar o processo por maquinaria; ▪ Quando a estrutura apresenta grande instabilidade e não há permissão para a demolição por outro método por não se conseguir prever o colapso.
Agentes não explosivos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilizada em fundações e grandes massas de betão; ▪ Boa solução quando existem constrangimentos no que diz respeito ao ruído e às vibrações; <p>Muito pouco utilizada;</p>
Lança térmica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geralmente utilizada para cortar elementos metálicos de estruturas de edifícios de construção mista, ou de pontes, permitindo depois a entrada de uma outra técnica auxiliar; ▪ Onde há condições para utilização de maquinas que emitem elevadas temperaturas, sem que exista perigo de incendio ou explosão; ▪ Utilizada em locais que não haja qualquer contaminação de algum tipo.

Tabela 9 - Áreas de aplicabilidade da hidrodemolição [Abdullah, 2003].

Técnica	Área de aplicação
Demolição por jato de água	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilizada em situações em que não há permissão de efetuar qualquer tipo de vibrações da estrutura; ▪ Quando é necessário cortar elementos a frio, onde não há possibilidade de utilização da lança térmica, como em pilares e vigas de metal em refinarias; ▪ Utilizada em zonas onde é interdita a utilização de elementos que emitam calor ou faíscas, como por exemplo, em fábricas de químicos e afins; ▪ Em zonas que tenham equipamentos ou atmosferas perigosas, e/ou explosivas; ▪ Utilizada para cortar os pontos de ligação de estruturas pré fabricadas, como em estádios e em escadarias.

4.6.3 Justificação para o uso dos critérios de escolha

Tendo ainda por base o inquérito mencionado anteriormente [Abdullah, 2003], apresenta-se a Tabela 9 com a justificação da utilização dos vários critérios e subcritérios de seleção do método de demolição a utilizar. Note-se que todos os entrevistados concordam que a higiene e segurança devem ser consideradas como um critério primário para a decisão da técnica a empregar, independentemente da técnica que se irá escolher. Para além disso, observa-se também que, como já foi mencionado, a experiência anterior tem um papel preponderante na seleção do método. Constata-se também que, para os entrevistados, o método de demolição mais apropriado será aquele que apresente o melhor equilíbrio entre os aspetos de aplicabilidade técnica e aspetos de ordem financeira, sem desprezar as condições de higiene e segurança.

Tabela 10 - Justificação para o uso dos critérios de escolha [Abdullah, 2003].

Critérios	Justificações
Higiene e Segurança (HS)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ HS deve ser considerada ao longo de todo o processo de demolição; ▪ É a consideração mais importante; ▪ Os aspetos relacionados com a HS.
Estabilidade estrutural	<ul style="list-style-type: none"> ▪ É necessário ter em conta este critério, pois face à estabilidade que a estrutura apresenta, pode-se escolher determinada técnica ou não; ▪ Evitar colocar trabalhadores dentro de uma estrutura que se sabe que é instável; ▪ Se de facto se provar que a estrutura é instável, este passará a ser o critério determinante na escolha do método a empregar.
Localização e acessibilidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diferentes localizações do edifício a demolir implicam diferentes técnicas a utilizar; ▪ A técnica de desconstrução será a melhor escolha para um edifício que se encontre no centro de uma cidade; ▪ No caso de a estrutura se encontrar numa área remota, devem à partida ser consideradas todas as técnicas de demolição.
Presença de materiais perigosos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Todos os materiais que se entendam como perigosos para a saúde ou para o decorrer dos trabalhos devem ser removidos; ▪ Não tem muito peso no método a ser selecionado para a demolição pois parte-se do princípio que todo este tipo de materiais será removido na fase de desativação de serviços e recursos.
Considerações ambientais	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aspetos de ordem ambiental devem ser tidos em conta quando o nível de ruídos, poeiras, etc. for de alguma forma estabelecido por regulamentações específicas;

Critérios	Justificações
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A técnica a implementar terá em conta esses níveis de constrangimentos; ▪ Se possível deve-se manter o espaço da demolição e detritos causados por esta na menor área possível, de modo a facilitar a britagem dos detritos e o seu transporte para vazadouro.
Especificações do cliente	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Por vezes o cliente limita determinado uso de técnicas de demolição, como por exemplo meios que deem uso a explosivos, desta forma a escolha dos métodos fica mais limitada.
Tipo e tamanho da estrutura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O tamanho e forma estrutural e do edifício irão condicionar a técnica ou técnicas de demolição a implementar; ▪ Num edifício com uma grande altura, ter-se-á possivelmente de combinar dois métodos distintos de demolição, sendo por exemplo, a parte do topo efetuada com o método da desconstrução e o restante com escavadoras de braço longo; ▪ Enquanto numa moradia unifamiliar uma escavadora de tamanho médio poderá efetuar toda a demolição.
Aprovação do engenheiro estrutural	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O engenheiro responsável pela obra de demolição não carece de qualquer aprovação do engenheiro de estruturas; ▪ O engenheiro estrutural irá dar o seu parecer, que poderá ou não influenciar a escolha do método a utilizar, por exemplo poderá averiguar a estabilidade da estrutura.
Tempo de constrangimento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cada tipo de demolição tem um determinado tempo de realização; ▪ Se utilizarmos por exemplo, uma técnica de demolição por explosivos, a demolição em si irá demorar apenas alguns segundos, no entanto toda a preparação para a demolição ocorrer fará com que se tenha de ocupar o local por muito mais tempo; ▪ O tempo total pode ser então contabilizado como os preparativos para a demolição, a fase de preparamento e a fase de limpeza.
Extensão da demolição	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A extensão ou o grau da demolição pode ser, muito simplificadamente, dividida em dois tipos: demolição total e parcial; ▪ A demolição parcial consiste em demolir parte da estrutura, independentemente do fim a que se destine (recuperação, ampliação, etc.); ▪ A demolição completa da estrutura normalmente é efetuada com o objetivo de dar lugar a uma outra estrutura;

Critérios	Justificações
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Numa demolição parcial há que ter em conta a técnica que se utiliza, pois tem de se ter em conta o estado de estabilidade estrutural em que fica o remanescente da estrutura.
Aspetos financeiros	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O método de demolição mais apropriado para determinada situação é aquele que apresente o melhor balanço entre o custo que este acarreta e se respeita todos os critérios da escolha do método; ▪ Todas as técnicas de demolição têm um custo associado que irá influenciar o custo total da obra de demolição; ▪ O custo da obra de demolição terá de ter em conta outros fatores que não só o da técnica empregue, fatores como a quantidade de detritos a levar a vazadouro, custo de equipamentos e mão de obra auxiliar têm também de ser contabilizados.
Reciclagem dos materiais	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O nível de material e detritos que se pretende reutilizar ou reciclar irá afetar a escolha do método de demolição; ▪ A técnica de desconstrução será uma escolha acertada se se pretende um grande nível de reutilização de determinados elementos da estrutura; ▪ Quanto menor for a preocupação com o nível de materiais a reutilizar ou reciclar, maior são as possibilidades de escolha das técnicas de demolição a aplicar.
Considerações ao nível do transporte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Este é um critério que só por si não afeta em grande escala a escolha do método de demolição, como foi acima referido pode afetar o custo do transporte a vazadouro; ▪ Irá ter um papel preponderante na escolha do método se de forma alguma for impossível fazer chegar maquinaria pesada ao local de obra, o que reduzirá em muito as possibilidades de escolha.
Disponibilidade de instalações e equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Equipamentos e mesmo instalações podem ser comprados ou alugados para a realização da obra com a técnica pretendida; ▪ A disponibilidade destes equipamentos irá afetar de algum modo a escolha da técnica a empregar; ▪ A empresa contratada irá certamente optar por um método de demolição para o qual possua o equipamento e as instalações necessários, ou no caso de não possuir, os que tiverem um custo de aquisição ou aluguer menor.

4.6.4 A escolha

Atendendo à falta de documentação, legislativa ou normativa, no que diz respeito a esta área da construção civil, os resultados que se apresentaram na secção anterior foram de grande importância para a elaboração de um fluxograma de hierarquização dos critérios de escolha do método de demolição a utilizar (Figura 53). Este fluxograma encontra-se dividido em três níveis distintos. A escolha do método de demolição mais apropriado, e que é o principal objetivo, corresponde ao nível 0. O nível 1 diz respeito aos principais critérios de seleção que afetam a escolha do método de demolição a empregar, e aqui apresentam-se cinco critérios hierarquizados. Subcritérios diretamente relacionados com os cinco critérios principais encontram-se no nível 2, que possui catorze subcritérios distintos. Finalmente, a escolha do método a utilizar é efetuada no nível 3, apresentando-se apenas os tipos de demolição estrutural previstos na BS 6187 (2011), desenvolvidos no capítulo 3. [Abdullah, 2003]

O sistema apresentado, denominado de *Demolition Techniques Selection System* (DTSS), trata-se de um sistema de seleção de técnicas de demolição, elaborado por Abdullah [2003] e consiste em duas fases distintas mas interligadas, que abaixo se descrevem de forma sintetizada.

- Numa primeira fase, decide-se qual a técnica mais apropriada para a situação específica, com base apenas em aspetos técnicos, utilizando-se um modelo analítico hierárquico de processamento. Este modelo, desenvolvido por Harker e Varga, [1987], possui três principais utilidades para a resolução de problemas: (i) *decomposição* dos elementos constituintes do problema numa hierarquia; (ii) *avaliação comparativa* por níveis de importância dos elementos da hierarquia, que pode ser feita através de modelação matemática e sobre a qual não se irá aqui incidir; (iii) *síntese das prioridades*, que consiste no resumo de todos os critérios à alternativa pretendida.
- A segunda fase consiste em realizar a decisão da escolha do processo de demolição através da utilização de critérios financeiros. Esta fase é realizada com base num modelo de custos estimados de demolição, custos esses já acima mencionados na secção 2.6.

O resultado da primeira fase é uma tabela de prioridades para todas as técnicas de demolição, classificada com base nos critérios de aplicabilidade para a obra em causa, onde se considera que a técnica que apresenta melhor classificação será a mais apropriada em termos técnicos. De seguida, essa classificação é comparada com os custos envolvidos em cada técnica, conseguindo-se, deste modo, uma maximização da relação custo/benefício. [Abdullah, 2003]

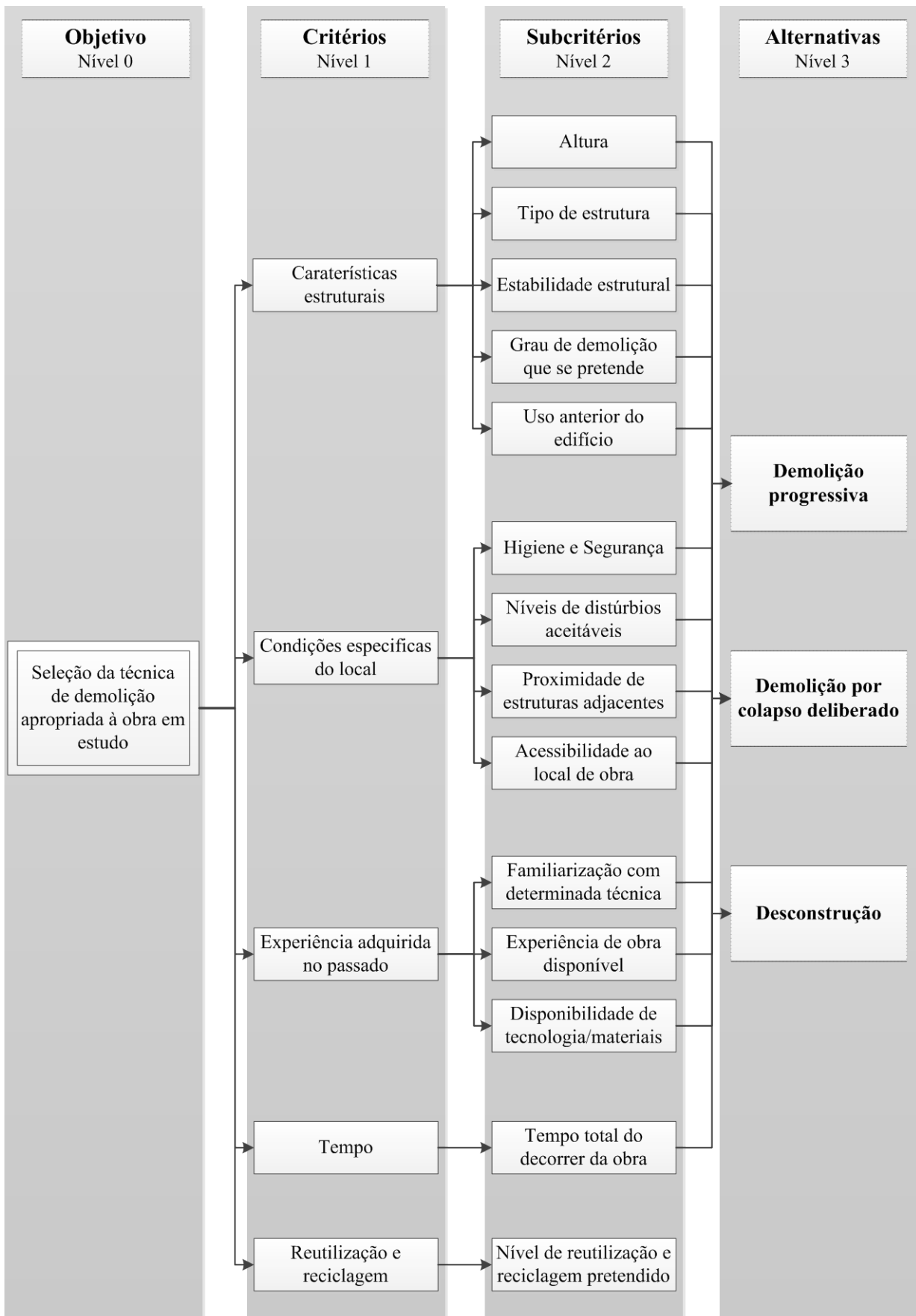


Figura 53 - Fluxograma da hierarquização do modelo de seleção da técnica de demolição a implementar [Abdullah e Anumba, 2002].

4.7 Requisitos legais

Numa fase prévia a um plano de demolição, deve ainda ter-se em atenção as considerações relativas à necessidade de permissões, autorizações ou licenças que são necessárias à obra.

4.7.1 Processo de aprovação

A aprovação da obra de demolição é requerida à Câmara Municipal e está sujeita ao Regime Jurídico da Urbanização e da Edificação (RJUE) DL n.º555/99 de 16/12 na atual redação, ao descrito no Decreto-Lei n.º64/2007 de 14 de Março e restantes normativos legais aplicáveis.

4.7.2 Licenciamento de Obras de Demolição

“Estão sujeitas a licença administrativa as obras de demolição de imóveis classificados ou em via de classificação ou de edifícios situados em zona de proteção de imóveis classificados ou em via de classificação bem como os imóveis integrados em conjuntos ou sítios classificados, ou em áreas sujeitas a servidão administrativa ou restrição de utilidade pública.” (alínea d) do n.º 2 do art. 4.º do Dec. Lei n.º 555/99, de 16/12, na sua atual redação dada pela lei n.º 60/07, de 4/9, e ainda o disposto no art. 37º)

- “As zonas de proteção são servidões administrativas, nas quais não podem ser concedidas pelo município, nem por outra entidade, licenças para obras de construção e para quaisquer trabalhos que alterem a topografia, os alinhamentos e as cêrceas e, em geral, a distribuição dos volumes e coberturas ou revestimento exterior dos edifícios sem prévio parecer favorável da administração do património cultural competente. Excluem-se deste procedimento, as obras de mera alteração no interior de imóveis não classificados.” (art. 43.º da Lei n.º 107/01, de 8 de Setembro)

As obras de demolição de edificações que não se encontrem previstas em licença de obras de reconstrução, alínea f) do n.º 2 do art. 4º do Dec. Lei n.º 555/99, de 16/12, na sua actual redacção)

4.7.3 Demolição de obras sujeitas a regime de comunicação prévia

Integram-se no regime de comunicação prévia a demolição de obras de escassa relevância urbanística abaixo indicadas:

- Demolições de construções de um só piso, cuja área não exceda os 20m² e não confrontem com outras construções/edificações, que não estejam sujeitas o regime de licenciamento previstas no ponto 2 alínea d) do art. 4.º do Dec. Lei n.º 555/99, de 16/12, na sua atual redação, ou sejam as edificações indicadas em 4.1. (artigo 15.º, n.º 1 e alínea c) do 2, do Reg. Municipal da Urbanização e da Edificação).

4.7.4 Pareceres obrigatórios

A aprovação do projeto carece dos pareceres favoráveis das seguintes entidades:

- Instituto de Gestão do Património Arquitetónico e Arqueológico IGESPAR, I.P., quando este se trate de imóvel classificado ou em vias de classificação e ainda os inseridos no interior das zonas de proteção.
- Outras entidades que lhes sejam reconhecidas a intervenção.

4.7.5 Quem fiscaliza

- Em primeira instância, a fiscalização é da competência do dono de obra;
- Compete também às câmaras municipais fiscalizar a obra e, à entidade coordenadora da atividade, fiscalizar a utilização;
- A Inspeção Geral do Ambiente e Ordenamento do Território;
- As comissões de coordenação e desenvolvimento regional (CCDR);
- As autoridades policiais.

4.7.6 Plano de Segurança e Saúde

O plano de segurança e saúde é obrigatório em obras sujeitas a projeto e que envolvam riscos especiais ou comunicação prévia de abertura do estaleiro, de acordo com o Decreto-Lei Nº 273 de 2003. Devido ao facto de estarem associados riscos especiais a trabalhos de demolição, considera-se que é obrigatório a elaboração de um plano de segurança e saúde para um projeto de demolição.

O plano de segurança e saúde é um documento que visa o planeamento e a organização da segurança no trabalho em estaleiros temporários ou móveis. Este plano deve ser elaborado a partir da fase de projeto, sendo posteriormente desenvolvido e especificado antes de se passar à fase de execução na obra. A elaboração deste documento na fase de projeto é da responsabilidade do dono de obra e, na fase de execução, o desenvolvimento do plano é da responsabilidade da entidade executante. Em projetos individuais, o plano de segurança e saúde deve reunir as informações necessárias de cada elemento envolvido na obra.

4.8 O processo de gestão de risco

4.8.1 Identificar os riscos

O primeiro passo no processo de gestão de risco é a identificação dos riscos associados aos trabalhos de demolição. Exemplos de riscos em obras de demolição incluem:

- a) O não planeado colapso da estrutura;

- b) Quedas em altura;
- c) Quedas de objetos;
- d) A localização desconhecida de serviços em linhas subterrâneas, incluindo o fornecimento de gás, água, telecomunicações, eletricidade e sistemas de esgotos;
- e) A eventual má manipulação ou descuido na inspeção de materiais perigosos, como produtos químicos, combustíveis, corrosivos, etc.;
- f) A exposição a produtos contaminados devido a usos anteriores dos locais a demolir;
- g) Níveis de ruído perigosos;
- h) Manipulação de grandes equipamentos de forma indevida.

4.8.2 Avaliação dos riscos

De acordo com recomendações da AECOPS, a avaliação de risco no PSS não é obrigatório para os trabalhos de demolição. No entanto, o mesmo é necessário para situações específicas, como por exemplo, quando se trabalha em locais contaminados ou com métodos de demolição que envolvam explosivos.

Em muitas circunstâncias, uma avaliação de risco vai ajudar a determinar o controlo das medidas que devem ser implementadas. Esta avaliação vai ajudar a:

- a) Identificar quais os trabalhadores estão com maior exposição de risco;
- b) Determinar quais as fontes e os processos que estão na causa desse risco;
- c) Identificar que medidas de controlo devem ser implementadas;
- d) Verificar a eficácia das medidas de controlo existentes.

Ao avaliar os riscos associados ao trabalho de demolição, ter-se-á em consideração o seguinte

- a) A estrutura a ser demolida e a sua integridade estrutural;
- b) O método de demolição, incluindo a sua sequência de demolição;
- c) O agendamento dos trabalhos;
- d) As condições do local de trabalho, inclusive se existem riscos de queda, tanto para as pessoas como para as máquinas e equipamentos;
- e) O equipamento que será utilizado no local e experiência exigida para o seu manuseamento;
- f) Exposições prolongadas que podem ocorrer, tais como o ruído ou radiações ultravioleta;
- g) O número de pessoas envolvidas;
- h) As condições climáticas do local.

4.8.3 Controlar os riscos

Algumas medidas de controlo são mais eficazes do que outras. As medidas de controlo podem ser classificadas desde o mais alto nível de proteção e confiabilidade para o menor. Deve-se sempre procurar eliminar riscos que à partida são identificados, no entanto, se tal não for possível, minimizar o risco através de uma ou da combinação das seguintes opções:

Substituição - por exemplo, usando um método de demolição mecânica, em vez de um método manual, se for mais seguro;

Isolamento - por exemplo, usar barreiras sólidas para separar os peões e de máquinas pesadas em movimento para reduzir o risco de colisão;

Acrescento - por exemplo, a montagem de uma proteção contra a queda de objetos numa escavadora de cabine aberta.

Se o risco permanecer, este deve ser minimizado através da implementação de controlos administrativos, como por exemplo, instalar sinais de alerta e estabelecer uma zona de exclusão em todo o local de perigo e tomar medidas para a implementação de medidas de proteção coletivas (EPC). Qualquer risco remanescente deve ser minimizado com a adoção de medidas de proteção individual (EPI). Os fatores que devem ser considerados na escolha de medidas de controlo adequadas incluem:

Instalação de equipamentos e acessórios – grandes estruturas podem exigir colocação de andaimes ou utilização de máquinas de elevação para trabalhar em pisos elevados;

Armazenagem – definição de zonas de colocação dos detritos da demolição, quer ao nível do piso térreo, quer ao nível dos pisos. Também a armazenagem de materiais perigosos deve ser prevista e considerada;

Circulações – devem ser respeitadas as vias de circulação para o transporte do material demolido, incluindo as vias de acesso ao local da obra.

4.8.4 Rever as medidas de controlo

As medidas de controlo que são postas em prática para proteger a saúde e a segurança devem ser regularmente revistas para que seja confirmado se estas são eficazes ou sempre que:

- a) Uma medida de controlo não é eficaz no controlo do risco;
- b) Antes de uma mudança no local de trabalho que é suscetível de dar origem a um novo ou diferente risco que a medida de controlo não pode assegurar de forma eficaz para a saúde e a segurança;
- c) Se um novo perigo ou risco é identificado;

- d) Se os resultados da consulta indicam que a revisão é necessária;
- e) Se um representante de saúde e segurança solicitar a revisão.

Os métodos de revisão mais comuns incluem a inspeção do local de trabalho, consulta, ensaio e análise de registos e dados. Se forem encontrados problemas, deve-se voltar a rever as etapas de gestão de risco, as informações obtidas etomar novas decisões sobre as medidas de controlo.

– CAPÍTULO 5 –

PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE UM MODELO DE PLANO DE DEMOLIÇÃO

A necessidade de elaboração de um plano de demolição foi já justificada em capítulos anteriores. Neste capítulo, pretende-se apresentar a proposta de elaboração de um plano para obras de demolição com vista a englobar todo o processo da demolição, desde a fase de pré-demolição, onde será definido a técnica a implementar, bem como todas as considerações necessárias a tomar antes da obra propriamente dita, que será a fase seguinte, terminando na entrega do local de obra ao cliente e conseguindo desta forma abranger todos os processos inerentes à generalidade deste tipo de obras.

Apresenta-se o exemplo da norma britânica, à qual já aqui foram feitas inúmeras referências, por se considerar um excelente exemplar de recomendações e boas práticas para a demolição. Faz-se apenas a interpretação da parte respeitante ao planeamento prévio de um projeto, pois de outro modo tornar-se-ia demasiado extenso.

Expõem-se também neste capítulo um conjunto de recomendações existentes em Portugal, provenientes da AECOPS (Associação de Empresas de Construção, Obras Públicas e Serviços), e que respeitam à gestão de planeamento para obras de demolição.

5.1 O exemplo da *British Standard*, BS 6187-2011

Esta norma apresenta recomendações de boas práticas para os trabalhos de demolição (integral ou parcial) de instalações, edifícios e estruturas, sendo também aplicável a atividades de demolição realizadas como parte da reforma estrutural, bem como em obras de desmantelamento.

São dadas recomendações de gestão particularmente para:

- 1) Gestão adequada e eficaz dos processos de demolição, incluindo os que fazem parte da reforma estrutural;
- 2) Manutenção da estabilidade estrutural, através da prestação de apoio estrutural temporário, sempre que necessário;
- 3) Gestão do colapso estrutural deliberado;
- 4) Identificação e estabelecimento de responsabilidades em todas as fases dos processos de demolição;
- 5) Aquisição de conhecimento do edifício, incluindo os seus antigos usos;
- 6) Gestão das questões ambientais;
- 7) Gestão dos riscos de higiene e segurança;

- 8) Realização de avaliações de risco e planeamento dos trabalhos em conformidade com as normas;
- 9) Criação e gestão de todos os procedimentos inerentes à obra de forma eficaz;
- 10) Determinação e gestão de zonas seguras.

Na Figura 54 é apresentado um fluxograma, que explicita a forma como a norma se encontra estruturada de modo a permitir uma gestão, quer do planeamento em si quer de todos os processos que envolvem uma obra de demolição, como competências e formação dos intervenientes em obra e controlo e planeamento do material e equipamentos presentes em obra.

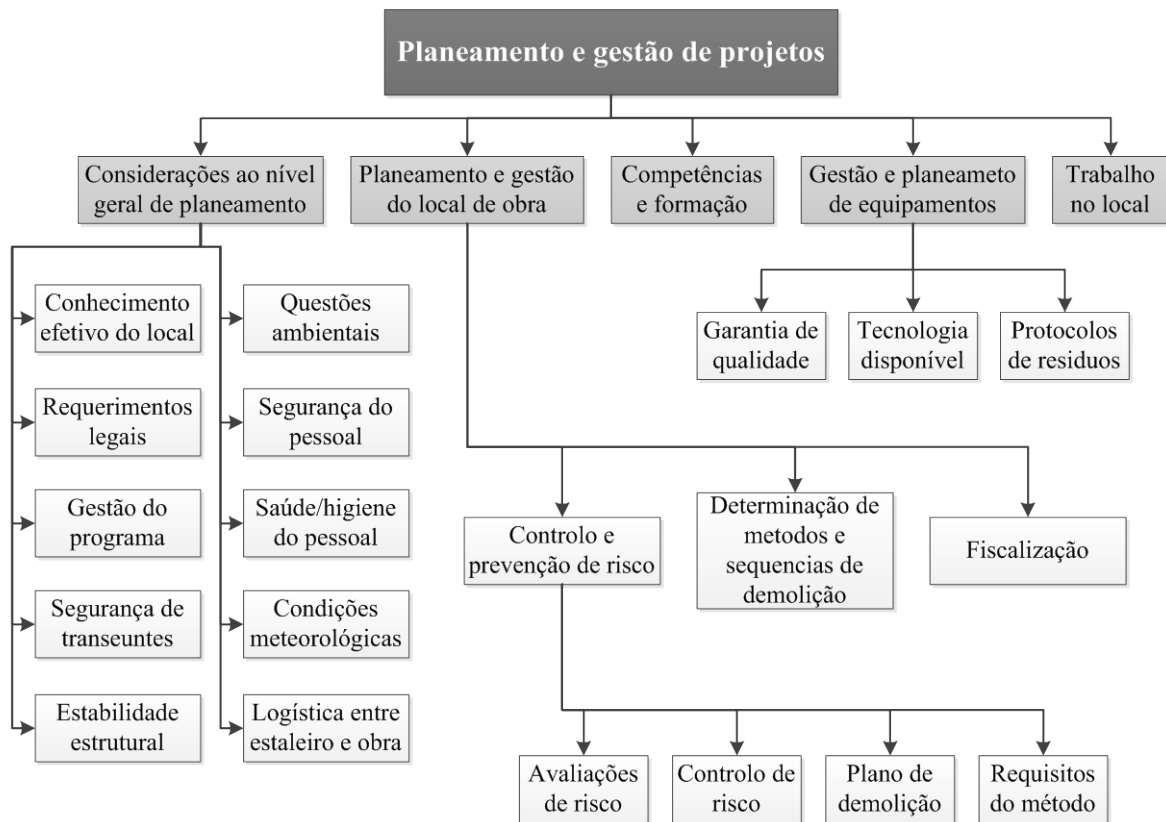


Figura 54 - Fluxograma de planeamento e gestão de projetos [BS 6187, 2011].

De seguida será desenvolvido o ponto correspondente às considerações gerais ao nível do planeamento de uma obra de demolição, de modo a garantir a aquisição das noções gerais de como todo o planeamento é gerido. As questões relacionadas com os restantes itens, não sendo de todo menos importantes, serão apenas estudadas enquanto bibliografia para a proposta que se desenvolverá, tendo sido já alguns pontos analisados em secções anteriores.

5.1.1 Planeamento e gestão de projetos

Esta fase é crucial para todo o bom desenrolar da obra, pois aqui são definidas as premissas sobre as quais a obra se irá realizar.

5.1.1.1 Conhecimento efetivo local

Uma avaliação e investigação do local devem ser executadas para identificar os seguintes pontos:

- 1) Determinação do grau de desmantelamento;
- 2) Identificação da existência e posterior remoção dos serviços ativos no local, bem como o planeamento de necessidades temporárias;
- 3) Conhecimento estrutural do edifício, incluindo a sua forma, materiais de construção e eventuais interações estruturais com outros edifícios adjacentes;
- 4) Determinação de medidas de isolamento e proteção para as estruturas adjacentes;
- 5) Identificação e remoção de materiais perigosos;
- 6) Uso atual e anteriores do local.

5.1.1.2 Cumprimento dos requisitos legais

Legislação

De modo a garantir a conformidade com a legislação em vigor, devem ser postas em prática um número de diferentes verificações que de seguida se enumeram:

- 1) Gestão dos resíduos;
- 2) Reutilização e reciclagem;
- 3) Controle e minimização dos incómodos causados aos residentes do local, incluindo:
 - i. Pó;
 - ii. Ruído;
 - iii. Vibração;
 - iv. Fumo;
 - v. Movimentos e gestão de tráfego.
- 4) Proteção do ambiente, incluindo a prevenção da poluição;
- 5) Saúde e segurança do pessoal;
- 6) Planeamento e gestão de obra;
- 7) Regulamentos gerais de construção;
- 8) Gestão rodoviária da envolvente.

Licenças, permissões e autorizações

Inicialmente, devem ser tomadas considerações relativamente à necessidade de permissões, autorizações ou licenças que poderão ser necessárias à execução da obra, e caso existam, medidas especiais de segurança, principalmente quando se tratem de trabalhos em estruturas perigosas ou locais especiais. Tais considerações serão eventualmente necessárias para situações em que:

- 1) Afetam vias, públicas ou privadas, por exemplo:
 - i. Em construção de estruturas temporárias, como andaimes, em cima ou ao longo da via;
 - ii. Em obras em que é necessária a utilização de instalações ou equipamentos da via;
 - iii. Em que o armazenamento de veículos fica a obstruir a via;
- 2) Afetam áreas fora do perímetro de obra como por exemplo passeios ou outras zonas públicas ou privadas;
- 3) A passagem da lança da grua perturbe a circulação ao nível do solo;
- 4) Haja queima de resíduos a céu aberto no local.

5.1.1.3 Gestão do planeamento

Deve ser preparado um programa detalhado, incluído num calendário de eventos, pormenorizando o seguinte:

- 1) O esquema e a sequência de execução dos trabalhos constantes do método de demolição proposto;
- 2) Os equipamentos necessários e seu correto manuseio;
- 3) A gestão de tráfego, e o plano para o seu controlo, para entrar e circular no local de obra;
- 4) A gestão dos resíduos, incluindo a sua remoção, armazenamento temporário no local e opções de reutilização, reciclagem, valorização, eliminação, etc., se for o caso;
- 5) As medidas de emergência, por exemplo, para colapsos parciais ou falhas de ignição quando são usados explosivos;
- 6) As datas acordadas, previamente, de início e fim de obra;
- 7) Quaisquer limitações à realização dos trabalhos, por exemplo, marés ou necessidade de realizar obras noturnas ou sazonais.

5.1.1.4 Proteção do público

Devem ser tomadas medidas para proteger o público que passa perto do local de obra, nomeadamente:

- 1) O estabelecimento da segurança do local com cercas ou vedações adequadas e, se necessário, manter pessoal no local de modo a controlar as entradas na obra;
- 2) A manutenção do controlo de espectadores e visitantes ao local;

- 3) A criação de uma zona de exclusão dentro e fora do local da obra, em momentos críticos desta, seja para o derrubamento de uma grande porção da estrutura ou para a detonação no caso de utilização de explosivos;
- 4) A contenção dos materiais provenientes da demolição.

5.1.1.5 Estabilidade estrutural

O processo para a manutenção da estabilidade estrutural é apresentado na Figura 55, e neste há que ter em consideração o seguinte:

- 1) Evitar colapsos não planeados ou prematuros, garantindo a manutenção da estabilidade da estrutura;
- 2) Planear a sequência das operações do pré-enfraquecimento estrutural, bem como a estabilidade restante da estrutura;
- 3) Planear e projetar os pormenores de eventuais trabalhos de apoios temporários a elementos em risco de colapso;
- 4) Registrar colapsos semelhantes relativamente à forma da estrutura (por exemplo, grandes painéis pré-moldados de betão e lajes maciças de betão podem ser bons indicadores a ter em conta).

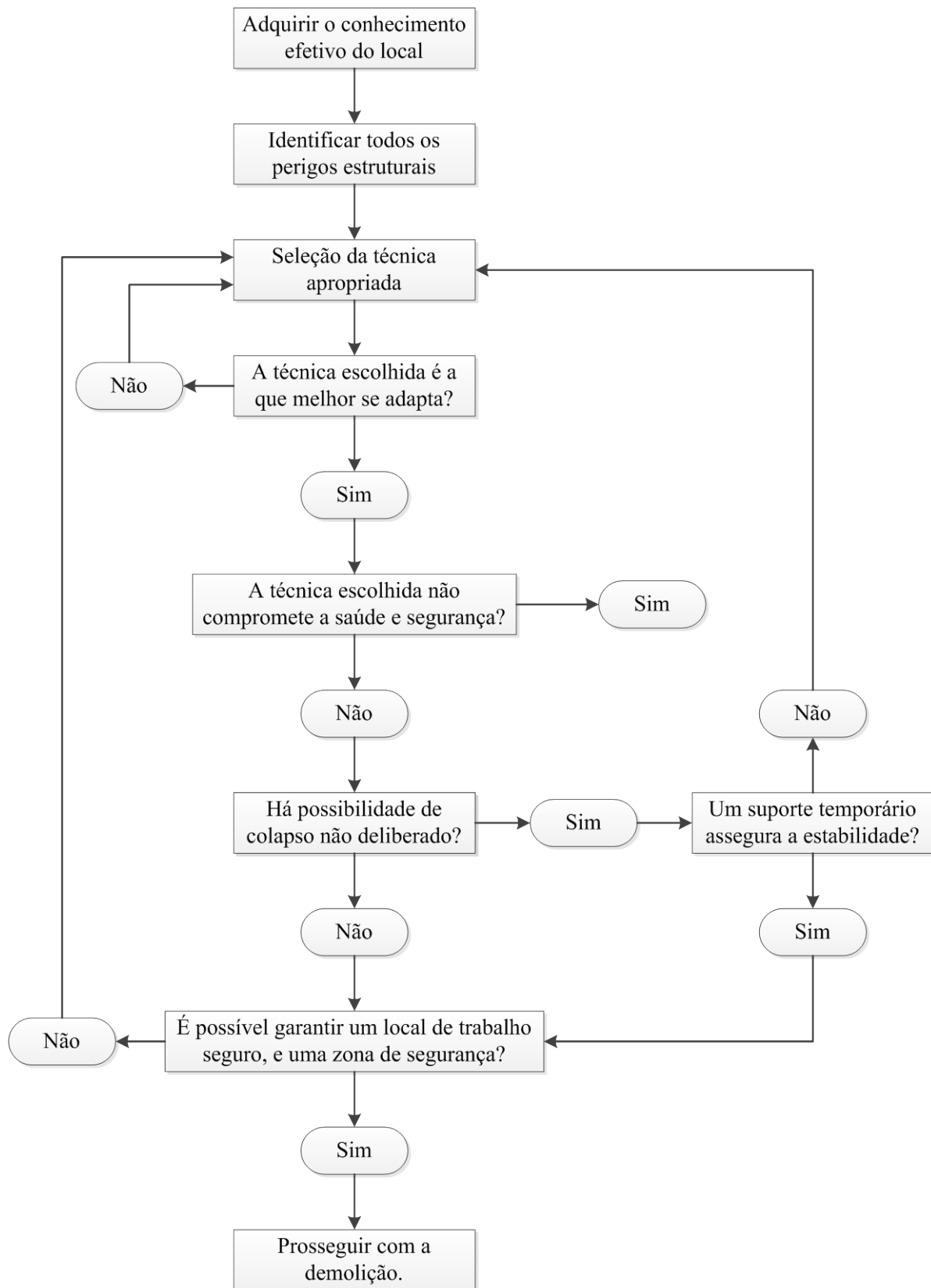


Figura 55 - Fluxograma da seqüência de trabalhos de estabilidade estrutural [BS 6187, 2011].

5.1.1.6 Gestão ambiental

No que diz respeito à gestão ambiental, devem ser asseguradas as seguintes necessidades:

- 1) Controle de ruído no local;
- 2) Controlo das emissões de poeira;
- 3) Gestão de resíduos, incluindo a redução, reutilização e reciclagem;
- 4) Minimização de materiais a transportar a vazadouro;
- 5) Local próprio de lavagem de rodas garantindo a limpeza da via pública;
- 6) Garantir que os camiões têm proteção ou toldo sempre que necessário;
- 7) Garantir o correto manuseamento de materiais perigosos, como por exemplo, materiais inflamáveis, gases voláteis, líquidos perigosos e amianto;
- 8) Garantir o correto armazenamento e eliminação de óleos e combustíveis.
- 9) Assegurar baixos valores de saturação do ar e níveis de vibração;
- 10) Tomar especial atenção a áreas de conservação, incluindo flora e fauna;

No que diz respeito ao manuseamento dos resíduos deve ser dada prioridade à “minimização antes da construção”, por exemplo, elaborar um planeamento dando preferência à reutilização dos materiais no local de obra e optar pela reciclagem em vez da eliminação. Caso não haja outra opção senão a eliminação ou transporte a vazadouro, pode optar-se pela queima dos materiais, tanto ao ar livre como por incineração, devendo sempre solicitar-se as respetivas autorizações, quando aplicável.

5.1.1.7 Higiene e segurança do local e do pessoal afeto à obra

Devem ser colocadas em prática as seguintes medidas para garantir a saúde e segurança do pessoal da obra:

- 1) A obtenção detalhada de acesso do pessoal à obra e às áreas de trabalho, incluindo o procedimento de trabalhos e a redução de pessoal, caso exista, conforme o decorrer da obra;
- 2) O correto estabelecimento de espaços de trabalho adequados e zonas de exclusão permanente e temporária;
- 3) O fornecimento de comunicações eficazes, incluindo sinais alternativos caso falhem as comunicações e sinais de alerta.
- 4) O reconhecimento de perigos, avaliação de riscos e medidas de controlo para:
 - a) Substâncias potencialmente perigosas para a saúde, por exemplo, metais pesados ou outras substâncias tóxicas, incluindo quando se trabalha com materiais que podem ser reutilizados ou reciclados;
 - b) Exposições a substâncias nocivas como o amianto e radioatividade.

- 5) Identificação de ambientes nocivos, tais como deficiência de oxigênio em espaços confinados;
- 6) Reconhecimento de perigos e avaliações de risco para a necessidade de utilização equipamento de proteção individual e coletiva (EPI e EPC).
- 7) Modalidades de bem-estar adequadas, nos casos em que o trabalho envolve exposição a materiais contaminados ou trabalho sujo.
- 8) Monitoramento de saúde de todo o pessoal.

5.1.1.8 Previsão das condições meteorológicas

Estas devem ser feitas sempre que alterações súbitas do estado do tempo possam colocar em causa a segurança de algum processo, como por exemplo ventos fortes, trovoadas, neve e chuva pesada. Estas previsões devem ser solicitadas às autoridades competentes e devem ser enumeradas as indicações de como as alterações climáticas podem afetar as obras e programas planeados.

5.1.1.9 Logística entre o estaleiro e a obra

A entrada e saída de materiais do local de obras deve ser registada, garantido a logística de entrega, armazenagem e movimentação. A necessidade de equipamentos temporários, auxiliares e permanentes, deve ser avaliada. Deve ser garantida a possibilidade de requisitar equipamentos e materiais ao estaleiro sempre que não exista possibilidade de os mesmos permanecerem em obra.

5.2 O que existe a nível nacional

Como já foi anteriormente mencionado, Portugal não possui qualquer documento normativo que regule a execução de um projeto de demolição ou especifique os procedimentos e a sequência dos trabalhos. No entanto, a AECOPS (Associação de Empresas de Construção, Obras Públicas e Serviços) apresenta as seguintes recomendações.

Ao abrigo do Decreto-Lei nº 273/2003, de 29 de Outubro, as demolições são consideradas como trabalhos com riscos especiais, devendo ser executadas por empresas especializadas, mão-de-obra experiente e enquadradas por um técnico idóneo.

Entre os riscos mais frequentes contam-se, entre outros: a destruição não controlada de toda a parte da construção, os danos causados nas estruturas vizinhas, a queda em altura de pessoas e de materiais, a poluição sonora e a projeção de poeiras e partículas.

Assim, antes da execução dos trabalhos de demolição deve ser feito um estudo pormenorizado da estrutura que vai ser desmantelada e das restantes estruturas existentes na proximidade do local da obra. Igualmente importante é a elaboração de um Plano Específico de Segurança (PES), assinalando

cada uma das tarefas, o seu ordenamento e o modo de execução. Também as linhas aéreas, cabos e condutas existentes nas proximidades devem ser sinalizados e protegidos e delimitada, com vedações ou tapumes, toda a área circundante da edificação a demolir. Do mesmo modo, deverá ser selecionado o local adequado para a remoção dos entulhos e garantida a inoperacionalidade das redes elétrica, de água, gás e esgotos.

No que concerne à proteção pública, o ideal é balizar as zonas condicionadas ao movimento de máquinas e equipamentos com tapumes, redes ou grades antimotim. A área circundante da construção a demolir deve ter sinalização de aviso, com placas resistentes a choques e a intempéries, enquanto o passeio confinante terá de ser vedado. O andaime da demolição será revestido com uma rede de proteção (em tecido de fibra) contra a queda de materiais e projeção de partículas.

Para executar estes trabalhos, é fundamental elaborar um plano de demolição, um complemento ao Plano de Segurança e Saúde (PSS), cujo principal objetivo é fixar os procedimentos a observar na demolição, auxiliando os intervenientes e orientando os meios envolvidos, com vista à aplicação de medidas de prevenção e segurança, procurando minimizar e suprimir os riscos observados.

Assim, têm que ser definidas as metodologias de intervenção, dos equipamentos e meios humanos, do estaleiro, tapumes, sistemas de proteção e circulação. De igual forma, têm que ser feitos a análise e o registo das anomalias existentes nos edifícios confinantes e monitorizadas as fendas.

No que concerne aos edifícios confinantes, e uma vez vistoriadas as partes comuns exteriores e interiores, bem como todos os fogos e compartimentos, deverá ser preenchida uma folha de anomalias e do estado de conservação, acompanhada, sempre que possível, de uma reportagem fotográfica, registando, no notário, o dossiê com o relatório resultante das vistorias.

Na organização dos trabalhos e na verificação de procedimentos, há que analisar os caminhos de fuga e de evacuação, o estabelecimento dos sistemas de comunicação, a definição da hierarquia de funcionamento e os equipamentos de proteção coletiva e individual.

Concluídos os trabalhos, é então necessário verificar se algum material, equipamento ou detrito foi deixado ou acumulado na área de demolição. As peças de maior dimensão terão que ser fracionadas em pedaços menores, de modo a facilitar a sua remoção. O terreno deverá ser regularizado de forma a eliminar todos os pontos onde existam os riscos de queda em altura e de queda de materiais.

A área onde os entulhos se encontravam depositados terá que ser vedada, até ser iniciada a remoção dos mesmos.

A aplicação destas diretrizes dadas pela AECOPS surge, na prática, como um plano para a prevenção de risco, numa subsecção de um plano de segurança e saúde numa obra de demolição, como se pode ver no plano de segurança e saúde do Instituto dos Registos e do Notariado [PSS IRN, 2009]. Face à

complexidade deste tipo de obras há que colocar em prática métodos sistematizados mais eficazes e com maiores percentagens de aplicabilidade.

5.3 Proposta de elaboração de um modelo de um plano de demolição

Todas as informações prévias ao plano, nomeadamente os dados recolhidos durante a pesquisa e avaliação efetuadas na fase de pré-demolição devem ser usadas tanto para a escolha do método de demolição a aplicar como para a elaboração do plano de demolição, pois cada projeto tem características únicas. Assim, o plano de demolição deve ser personalizado para atender às condições do projeto individual. Um dos propósitos de um plano de demolição é fornecer instruções e orientações para que as tarefas possam ser realizadas em obra com segurança e eficácia e, como grande parte da informação constante no plano será dirigida ao pessoal afeto à obra, este deve ter uma estrutura simples e de fácil compreensão.

Para a realização de um plano de demolição há que ter em conta vários fatores que se encontram direta ou indiretamente relacionados com a obra a executar. Atendendo a tudo o que foi analisado nos capítulos anteriores, são aqui apresentados os elementos necessários à elaboração de um modelo de um plano de demolição:

1. Planta de localização

A escala da planta de localização deve ser a que apresente a melhor leitura possível, sendo visível toda a informação de maior importância. A planta de localização deve conter as seguintes informações:

- a) Localização do edifício a ser demolido em relação aos limites da via pública, indicando a eventual existência de passeios e passagens exclusivas de peões;
- b) Localização e altimetria dos serviços públicos existentes, edifícios adjacentes e outras propriedades, bem como do mobiliário urbano relevante.
- c) Apresentação das cotas altimétricas referentes a toda a envolvente, quer de construções, quer do terreno;

2. Informação relativa ao edifício e arredores

Deve ser efetuada uma recolha da informação existente do edifício, de modo a elaborar um relatório que demonstre as condições de construção da estrutura e do local circundante (vd. secção 4.2). Para isso deve incluir-se:

- a) A utilização atual e anterior do edifício em causa, ou dos pisos do edifício caso se trate de uma demolição parcial;
- b) A avaliação do estado do edifício, nomeadamente o seu estado de conservação;
- c) A listagem dos principais materiais constituintes do edifício;

- d) A interação que o edifício possa ter com estruturas vizinhas, sejam estas legais ou não. Inserem-se aqui quaisquer estruturas, incluindo as subterrâneas;
- e) A avaliação das condições da envolvente e de estruturas adjacentes, incluindo o seu uso atual e anterior, bem como todas as informações de estruturas das redondezas que possam vir a ser afetadas no decorrer das atividades;
- f) O levantamento de quaisquer elementos da vizinhança que necessitem de proteção especial, tais como elementos com valor arquitetónico, histórico, religioso ou cultural, espaços ajardinados e esculturas, construções sensíveis como estruturas envidraçadas, etc.;
- g) O procedimento para a identificação e remoção de materiais e resíduos perigosos.
- h) A garantia da inoperacionalidade das redes elétrica, de água, gás e esgotos.

3. A disposição estrutural do edifício e informação existente

Ter-se-á de proceder a um levantamento estrutural (vd. secção 4.2) do edifício, o qual deve incluir:

- a) A altura total do edifício, a altura piso a piso, dimensões e profundidade de porões, se existirem.
- b) A apresentação do projeto de estabilidade do edifício, se existente;
- c) A avaliação estrutural dos edifícios adjacentes e de elementos estruturais compartilhados, tais como paredes divisórias, escadas e estruturas de apoio comuns;
- d) Informações sobre quaisquer elementos estruturais especiais, como elementos em consola, estruturas mistas, grandes áreas envidraçadas, estruturas de suporte de terras, etc.;

4. Procedimentos de demolição e sequência de trabalhos

Deve ser apresentado um plano de trabalhos com a descrição do método proposto para a demolição da estrutura (vd. capítulo 3), o qual deve incluir o seguinte:

- a) Descrição dos equipamentos a utilizar;
- b) Orientações específicas sobre as condições de funcionamento das máquinas, tais como a área de trabalho mínima;
- c) Sequência e procedimentos propostos para a demolição;
- d) Instruções detalhadas para a demolição de elementos especiais;
- e) Identificação de tempos de atividades, com a informação de atividades críticas que possam ter impacto sobre a segurança geral do público e no local da obra;
- f) Medidas de prevenção específicas para as atividades acima mencionadas.

5. Medidas de prevenção

Nesta secção abordam-se detalhes de especificação e elaboração de medidas cautelares que são essenciais para a segurança do projeto. O tipo de características de prevenção deve ser selecionado

para melhor atender as exigências do método de demolição e as condições do local (vd. secções 4.7 e 4.8). Os seguintes recursos serão incluídos onde quer que seja necessário:

- a) Passadiços cobertos e plataformas de retenção de queda de detritos;
- b) Andaimos e para-corpos;
- c) Sistemas de suporte temporários para máquinas que trabalham dentro de edifícios;
- d) Suportes temporários para estruturas suspensas;
- e) Elaboração de um projeto detalhado de suportes e proteções temporárias de elementos da estrutura que podem ser afetados pela demolição;
- f) Suporte para muros de contenção, ou taludes naturais que possam ser afetados pela demolição;
- g) Caminhos de circulação de maquinaria e pessoal;
- h) Plano de inspeção e frequência de manutenção para as medidas de prevenção acima descritas.

6. Manipulação de detritos

Devem ser tomadas medidas em relação à manipulação dos detritos originários da demolição (vd. secção 4.4). Deste modo, surge então a necessidade de elaborar um plano que especifique:

- a) A acumulação temporária admissível de detritos nos pisos superiores do edifício, no piso térreo e na área circundante, delimitando esses locais;
- b) O encaminhamento e movimento de detritos de cada piso para a área de armazenamento existente no local da obra;
- c) Os meios de transporte de resíduos para fora do local da obra;
- d) O tempo e a frequência de remoção de detritos para fora do local da obra;
- e) Sistema de registo sobre a tonelagem de cada carga de camião, bem como de todos os dados de entradas e saídas desses veículos em obra;
- f) A definição de um local de estacionamento dos veículos;
- g) Definição de um técnico responsável pela supervisão de todo o processo.

7. Considerações especiais de segurança

Serão tomadas as seguintes considerações no que diz respeito à segurança no local (vd. secções 4.7 e 4.8):

- a) Meios de evacuação de emergência e vias de acesso;
- b) Estratégias de redução de poeira, ruído ou vibração;
- c) Armazenamento e manuseio de materiais inflamáveis;
- d) Embalamento, rotulagem e armazenamento de resíduos de amianto, ou outros elementos perigosos gerados no processo de demolição.

8. Tráfego

Se o projeto envolver a necessidade de encerramento temporário de vias de comunicação, será realizada uma avaliação de impacto do tráfego local, bem como o estudo de alternativas temporárias (vd. secção 4.2).

9. Atividades após a demolição

Depois da demolição efetuada há determinadas medidas a serem tomadas (vd. secção 4.5), nomeadamente:

- a) Tratamento permanente das paredes divisórias de estruturas adjacentes que ficaram expostas;
- b) Garantia da segurança do local;
- c) Estabilização da escavação;
- d) Selagem da superfície do solo, com sistema de drenagem e de estabilização das encostas ou reabilitação dos elementos de fixação para locais inclinados ou com muros de suporte.

5.4 Checklist do processo de demolição

Levar a cabo uma obra de demolição de forma eficaz e segura pode ser um grande desafio. No entanto, se forem respeitadas as recomendações, normas e guias de boas práticas existentes e que neste trabalho foram descritas, esperam-se bons resultados. De modo a resumir o que aqui foi descrito, procedeu-se à realização de uma *checklist* do processo de demolição, que inclui as fases de pré e pós demolição, bem como a fase da demolição propriamente dita. Esta *checklist* pretende ser uma ferramenta importante para o planeamento de uma obra de demolição:

1. Antes da Demolição

1.1 Enquadramento do local da obra

- Identificar o local, condições da vizinhança, edifícios adjacentes, taludes e muros de contenção.
- Identificar restrições especiais do local, tempos de operação, limitação do ruído e vibração, etc., devido por exemplo a existência de hospitais e outras ocupações que são sensíveis ao ruído, vibração e poeira ou outros fatores de perturbação produzida pela demolição.
- Identificar impacto sobre edifícios adjacentes ao local que podem ser afetados pelo decorrer das atividades de demolição.

1.2 Avaliação do projeto

- Identificar os edifícios/estruturas a ser demolidos.
- Verificar dimensões do local, no que diz respeito a proximidades de outras estruturas, serviços ou vias de comunicação.
- Identificar os requisitos de passagens cobertas.
- Verificar as dimensões do edifício, altura livre de piso, altura total, áreas, etc..
- Verificar o tipo de construção, isto é, os materiais empregues na construção do edifício, o processo construtivo, as características estruturais, os elementos que necessitem de medidas especiais, como é o caso das consolas, etc..
- Verificar se existem equipamentos que podem afetar o progresso das atividades de demolição e que devem ser removidos antes, tais como tanques de água, unidades de ar condicionado, etc..
- Verificar a utilização do edifício: o tipo de ocupação e a história de uso.

1.3 Localização de serviços e redes de abastecimento

- Verificar a existência de todas as redes de distribuição, inclusive as aéreas e subterrâneas.
- Rescisão e desconexão de quaisquer serviços públicos que se encontrem ativados na construção a ser demolida, de acordo com as exigências das empresas de serviços públicos.
- Requisitar de serviços de abastecimento temporário para o uso no projeto, tais como o abastecimento de água, eletricidade, etc..

1.4 Cronograma da demolição

- Identificar os fatores que podem afetar os horários dos trabalhos de demolição, tais como restrições operacionais impostas pelos regulamentos e antecipar, dentro do possível, as condições climatéricas.
- Desenvolver um cronograma realista que irá refletir o tempo necessário para a instalação de medidas de precaução, identificação e remoção de materiais perigosos (se existirem), o preenchimento dos requisitos legais, o processo de demolição e por fim a limpeza do local.

1.5 Identificação e remoção de materiais perigosos

- Verificar a existência de materiais perigosos na construção e acionar os meios necessários à sua remoção. Tomar medidas extra se se tratar de um local contaminado.

1.6 Medidas de segurança

- Verificar as necessidades de passagens para peões, com ou sem cobertura.
- Identificar vias de comunicação que necessitem de ser cortadas ou a necessidade de suprimir uma das vias, e estudar alternativas.
- Garantir a proteção do tráfego circundante, nomeadamente na zona de entrada e saída de veículos.
- Verificar exigência de para corpos, andaimes e plataformas de trabalho, redes de segurança para reter a poeira e detritos.
- Analisar os procedimentos de segurança para a operação de máquinas. Verificar a existência de solo adequado às máquinas selecionadas ou proceder à construção de uma plataforma estável.
- Verificar a necessidade de aplicação de suportes temporários e se a sua localização não afeta as restantes atividades.
- Garantir suportes para muros de suporte de terras e taludes que possam sofrer instabilidade.

1.7 Definição do método de demolição

- Escolha do método de demolição através de um procedimento bem definido que tenha em conta todos os fatores significativos para o bom decorrer da obra.

1.8 Manipulação de detritos

- Classificação e remoção de materiais não-estruturais, tais como elementos em madeira, caixilharias em madeira ou em alumínio, etc., e separação destes para posterior reciclagem ou envio para aterro.
- Contabilizar o número adequado, e a dimensão, de rampas para detritos, dependendo da taxa de produção de detritos, e definir vias de eliminação.

- Planeamento das vias de circulação para a eliminação de detritos, incluindo a identificação de parques de estacionamento para os camiões.

1.9 Relatório de Estabilidade

- Estabilidade estrutural da construção a ser demolida.
- Escoramento temporário para suportar equipamentos sobre o edifício, se for caso.
- Efeito da demolição do edifício em edifícios adjacentes.
- Cálculo estrutural ou geotécnico, se necessário, para definição de suportes nessas estruturas.

1.10 Correta elaboração do plano de demolição

- (vd. secção 5.3)

1.11 Requisitos legais

- Obtenção de licenças e aprovações necessárias para o decorrer de todas as atividades.

2. Durante a demolição

- Todas as medidas preventivas foram implementadas no local, incluindo a correta instalação de suportes temporários das propriedades adjacentes.
- A remoção de materiais perigosos, caso existam, encontra-se concluída.
- Todo o pessoal do local está informado acerca das especificidades do projeto e medidas preventivas necessárias para garantia da segurança.
- Estão estabelecidos os acessos de emergência.
- Estão estabelecidas linhas de comunicação claras e operacionais.
- Está a ser seguido o processo de demolição conforme o planeado e dentro dos prazos previstos.
- Remoção de entulho para evitar a acumulação, considerando as condições de tráfego e disponibilidade de camiões.
- O controlo da emissão de poeira é efetuado em conformidade com o previamente definido.

- Supervisão adequada, a tempo inteiro, pelo supervisor competente local, bem como visita periódica pelas entidades competentes.
- É garantido que todos os trabalhadores seguem procedimentos de segurança e as máquinas e equipamentos são revistos e inspecionados.
- É mantida a segurança do local, conforme o apropriado.

3. Depois de Demolição

- O local deve ser entregue ao cliente livre de detritos e nivelado.
- Os limites devem ser vedados evitando a entrada ilegal.
- As escavações de poços ou valas, se existirem e tiverem de permanecer abertas, devem ser protegidas e identificadas.
- Tratamento de paramentos de edificios adjacentes que ficaram expostos.
- Para terrenos inclinados e muros de suporte de terras devem ser tomadas as seguintes medidas:
 - A superfície do solo deve ser selada para evitar a infiltração excessiva de água;
 - As estruturas e taludes que se apresentem instáveis devem ser estabilizados.

– CAPÍTULO 6 –

CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

6.1 Conclusões

As últimas décadas têm sido decisivas no sector da construção, no que diz respeito à constante evolução dos processos de demolição. O que anteriormente não passava de uma atividade de exclusiva destruição total e descontrolada dos edifícios, sem preocupações com a segurança dos intervenientes (trabalhadores e meio envolvente) e sem quaisquer critérios de desmonte, atualmente envolve procedimentos com grande controlo e precisão, contribuindo para o aperfeiçoamento das técnicas existentes e consequente implementação de novos métodos e utilização de equipamentos mais potentes e sofisticados. Estas melhorias na atividade de demolição fomentam um aumento da eficácia dos trabalhos, promovendo a saúde e a segurança no trabalho e reduzindo assim os esforços humanos (elevada exposição aos riscos e acidentes perante a natureza crítica dos trabalhos).

O apuramento dos processos de demolição deve-se essencialmente à colmatação das diversas dificuldades encontradas ao longo dos tempos. A renovação das cidades, a libertação de espaços para construção de estruturas modernas, a alteração dos edifícios (restauro, remodelação, reparação e reabilitação) devido ao seu elevado estado de degradação e instabilidade, trabalhos de demolição em edifícios recentes (essencialmente devido a deficiências na fase de construção) e também as próprias demolições de edifícios abalados por catástrofes naturais e acidentais, contribuíram significativamente para o aumento das intervenções de demolição nos edifícios, não só em Portugal mas também no resto do mundo.

Relativamente à estimativa de custos para obras de demolição existem ainda muitas falhas, que vão contribuindo para a imprecisão dos valores que são constantemente apresentados, tratando-se por isso de um tema que requer um estudo bastante mais aprofundado. No entanto, este tema não deixa de ser abordado neste trabalho, sendo que é dado um exemplo que visa a valorização ambiental e consequente redução dos custos de demolição, conseguidas através do reaproveitamento e reciclagem de materiais.

No capítulo 3 confirmou-se a existência de uma variedade de técnicas e equipamentos que podem ser utilizados na indústria da demolição, com diferentes níveis de complexidade e eficácia e respetivas especificidades e exigências de execução. Através desta diversidade é possível verificar não só crescente preocupação com o desenvolvimento de técnicas mais rentáveis e com menos inconvenientes, mas também a existência de práticas com custos mais elevados e carências ao nível da

sua aplicação. Essa variedade de técnicas e equipamentos veio satisfazer as necessidades encontradas na execução das várias tarefas de demolição.

É possível então constatar que, para que a atividade de demolição seja bem sucedida, isto é, para que seja realizada de forma eficaz e segura, de acordo com os objetivos pretendidos, torna-se necessário cumprir um conjunto de medidas fundamentais à execução dos trabalhos:

- Elaboração de planos de demolição bem estruturados tendo em conta as normas específicas de cada atividade;
- Avaliação e criação de sistemas de escolha e intervenção mais adequados para cada tipo de tarefa e de edifícios;
- Estruturas e métodos construtivos apropriados.

Desta forma, é imprescindível obedecer ao sistema geral de demolição, seguindo as diferentes fases e categorias das intervenções. Começando pela fase de pré-demolição, fase prática de execução dos trabalhos de demolição e desmonte, até às tarefas pós demolição, quer seja em trabalhos de demolição parcial ou sequencial (progressiva), como na execução de mecanismos de colapso das estruturas, perante a avaliação e caracterização prévia exaustiva dos edifícios a demolir ou a proteger.

O tópico decisivo analisado nesta dissertação e que carece de uma certa reflexão e análise por parte dos técnicos responsáveis é a elaboração de um projeto de demolição. Os projetos de demolição de uma estrutura, normalmente, resumem-se a um plano de segurança e saúde que, pelo Decreto-Lei Nº 273 de 2003, é obrigatório para todas as obras que envolvam riscos especiais. Em Portugal não existe regulamentação específica para a execução de demolição de estruturas, sendo feita apenas referência a obras de demolição no Regulamento de Segurança no Trabalho de Construção Civil (Decreto-Lei Nº 41821 de 1958). Porém, quando estamos a tratar de um projeto de demolição, estão envolvidos mais parâmetros que devem ser referidos e analisados.

No capítulo 2 desta dissertação foi realizada uma análise às normas estrangeiras existentes que definem as regras e as diretivas fundamentais à elaboração e execução de um projeto de demolição. Através desta análise, foi possível idealizar e apresentar uma proposta de estratégia de demolição, a ser considerada pelos técnicos projetistas na elaboração de um projeto de demolição. A proposta de novos procedimentos a seguir durante a realização de um projeto de demolição foi também suportada por estudos anteriormente efetuados por diferentes autores, no âmbito da otimização da execução dos projetos de demolição.

6.2 Perspetivas futuras

Em países como o Reino Unido ou a Alemanha, existe uma legislação e regulamentação específicas para a demolição de estruturas. Como já foi referido nesta dissertação, Portugal não possui qualquer documento normativo que regule a execução de um projeto de demolição ou especifique os procedimentos ou a sequência de trabalhos que se devem tomar na obra de demolição. Por isso, propõe-se para o futuro, como continuação desta dissertação, a elaboração de um documento que especifique as diversas fases na elaboração de um projeto de demolição, assim como os procedimentos necessários para a realização das diferentes técnicas de demolição. Em resumo, propõe-se a elaboração de um código de práticas de demolição de estruturas, dentro da filosofia dos códigos de práticas já existentes noutros países.

Apesar de toda a legislação que possa existir para regulamentar as obras de demolição, esta não deixará de ser uma atividade da construção civil bastante complexa e com diversos aspetos e critérios a ter em consideração, como por exemplo: avaliação e caracterização dos edifícios, critérios de intervenção, existência de diversas técnicas e equipamentos utilizados, avaliação e implementação de medidas de prevenção de riscos de acidentes, mecanismos de colapso das estruturas e gestão e tratamento dos resíduos produzidos, entre muitos outros. Os aspetos enunciados poderão ser aprofundados de forma exata e exaustiva, para futuros projetos de investigação, como:

- Análise da eficiência de técnicas de demolição “versus” preservação do ambiente;
- Consideração dos trabalhos de demolição em outro tipo de estruturas (indústria, pontes, estádios) e de edifícios com usos diversos (edifícios industriais e de serviços públicos de grande porte), para uma melhor perceção e conhecimento acerca das características de trabalho, tecnologias e complexidades envolvidas;
- Definição de critérios de escolha das técnicas e equipamentos de demolição de edifícios antigos e recentes (em função do tipo de construção), de uma caracterização técnico-económica, da rapidez e eficácia de execução e da adaptabilidade da estrutura a demolir;
- Estabelecimento de medidas preventivas de segurança em técnicas específicas de demolição, como por exemplo o uso controlado de explosivos ou processos abrasivos;
- Recolha e tratamento de informação relativa a acidentes graves e mortais em trabalhos de demolição de alto risco;
- Maior aproveitamento dos materiais provenientes de demolições – tratamento no estaleiro;

- Influência dos trabalhos de demolição, restauro e reabilitação de edifícios antigos nos centros urbanos;
- E por fim, num sistema de reforço e contenção dos elementos de uma estrutura a sofrer trabalhos de demolição parcial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [Abdullah e Anumba, 2002] Abdullah, Arham; Anumba, Chimay J. – “Decision Criteria for the Selection of Demolition Techniques”, Universidade de Salford, Manchester, 2002;
- [Abdullah, 2003] Abdullah, Arham – “Intelligent selection of demolition techniques”, tese de doutoramento para a obtenção do grau de Doctor of Philosophy pela Loughborough University, 2003;
- [Abdullah, Anumba e Durmisevic, 2006] Abdullah, Arham; Anumba, Chimay J. e Elma Durmisevic – “Decision tools for demolition techniques selection”, Roterdão, 2006;
- [AEDED, 2008] AEDED – “El Proyecto de Demolición. Demolición & Reciclaje”, Asociación Española de Empresarios de Demolición. Fuego Editores, Madrid, 2008;
- [Baldasso, 2005] Baldasso, Paulo C. B., “Procedimentos para desconstrução de edificação verticalizada: Estudo de caso”, Trabalho de conclusão apresentado ao curso de mestrado profissionalizante em engenharia da escola de engenharia da universidade federal do Rio Grande do Sul, em Engenharia na modalidade profissionalizante, Rio Grande do Sul, 2005;
- [Benjamin , 1997] Benjamin, Walter – “Paris, capital do século XIX.” (org.), Carlos Fortuna. Cidade, cultura e globalização: ensaios de sociologia. Oeiras: Celta Editora, 1997;
- [Brito, 1999] Brito, Jorge de – “Técnicas de demolição de edifícios correntes”, cadeira de Processos de Construção, Licenciatura em Engenharia Civil, IST, Lisboa, 1999;
- [Brito, 2006] Brito, Jorge de – “A reciclagem de resíduos de construção e demolição”, Workshop “A reciclagem na casa do futuro” (Aveirodomus), 2006;
- [Brydon, 1991] Brydon, J. P. – Changes in the Demolition Industry over the Past 25 Years, In statute of Demolition Engineers Papers, Londres, 1991;
- [BS 6187, 2011] BSI Standards Publication, “Code of practice for full and partial demolition”, Londres, 2011;
- [Buildings Dep Jp, 2011] “Code of practice for demolition of buildings”, Buildings Department, Japão, 2011;
- [C. J. Michaëlis, 2013] C. J. MICHAËLIS DE VASCONCELOS, Lda, página da web da empresa, em http://www.michaelis.pt/equip_construcao.html#11, consultado à data de 10 de 2013;

- [Chini, 2001] Chini, A. R. – “Deconstruction and materials reuse: technology, economics, and policy”, CIB report, Publication 266, Roterdão, 2001;
- [Diven, 2006] Diven, R.; Taylor, M. R. – “Demolition Planning”, excerto de “The Architect’s Handbook of Professional Practice”, Estados Unidos, 2006;
- [Fueyo, 2003] Fueyo, L. (ed.) – “Manual de demoliciones, reciclaje y manipulación de materiales”, Fueyo Editores, Madrid, 2003;
- [Gomes e Oliveira, 2010] Gomes, João Ferreira e Oliveira, Fernanda Sá – “Técnicas de Demolição”, Tecnologia da Construção, Mestrado Integrado em Arquiteturas, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2010;
- [Halberstadt, 1996] Halberstadt, H. – “Demolition Equipment”, Motorbooks International, Osceola, WI, 1996;
- [Harker e Vargas, 1987] Harker, P. T. and Vargas, L. G. – “The theory of ratio scaled estimation: Saaty’s analytic hierarchy process” Management Science, Pensilvânia, 1987;
- [Hurley et al., 2001] Hurley, J. W., McGrath, C., Fletcher, S. L. and Bowes, H. M., Deconstruction and Reuse of Construction Material, Building Research Establishment, Inglaterra, 2001;
- [INE, 2013] “Estatísticas da Construção e Habitação” dos anos 2003 a 2013 do Instituto Nacional de Estatística, consultado do sitio da internet, <http://www.ine.pt> em 2013;
- [ITCC, 1995] “Manual de desconstrucció”, Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya, Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient, Junta de Residus, Catalunha, 1995;
- [Kasai et al., 1998] Kasai, Y., Rosseau, E. and Lindsell, P., “Outline of Various Demolition Methods and their Evaluation”, International Symposium on Demolition and Reuse of Concrete and Masonry: demolition methods and practice, Chapman and Hall, Londres, 1998;
- [Kasai, 1988] Kasai, Y. (ed.). – “Demolition and reuse of concrete and masonry: Demolition methods and practice: Proceedings of the Second International Symposium held by RILEM (the International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures)”, Londres, 1988;
- [Kasai, 1998] Kasai, Y. – “Demolition and Reuse of Concrete and Masonry”, RILEM Report Series, Chapman and Hall, New York, 1988;

[Liu, Lyle e Langston, 2011] Chunlu Liu, Benjamin Lyle e Craig Langston – “Estimating Demolition Costs for Single Residential Buildings”, School of Architecture and Building, Deakin University, Australia 2011;

[Lyle, 2003] Lyle, Benjamin – “The Benefits of Deconstruction in the Construction Industry”. Research Project Report, School of Architecture and Building, Deakin University, Geelong, Australia, 2003;

[Martins, 2008] Martins, João Guerra – “Desmontes e demolições”, Cap. II, Materiais de Construção II, Engenharia civil, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2008;

[Mascarenhas, 2008] Mascarenhas, Jorge – “Jóias da coroa em terra, demolições, betão tensionado e cabos de aço utilizados em obra”, volume X da coleção Sistemas de Construção, Livros Horizonte, 2008;

[Muñoz, 2004] Muñoz, Antonio B.; Dionisio, Carmen L.; Arias, Valentin A. – “Gestão de resíduos de construção”, Grupo de trabalho 14, VII Congresso Nacional do Meio Ambiente, Palacio Municipal de Congresos del Campo de las Naciones, Madrid, 2004;

[NADC, 1996] National Association of Demolition Contractors – “10 Common Misconceptions about the Demolition Industry”, Doyleston, PA, 1996;

[NADC, 1999] Gershman, Brickner & Bratton – “Demolition...The First Step of Reconstruction”, The National Association of Demolition Contractors, Doylestown, PA, 1999;

[Paulo, 2004] Paulo, Pedro Vaz – “Técnicas de demolição”, Construlink Press, Lisboa, 2004;

[Polman, 2000] Polman, M. – “Demolition and Recycling an Ever Changing Industry”, página da web da AED, em <http://www.eda-demolition.com/suppliersservices.html>, 2000;

[PSS IRN, 2009] “Projeto de execução, Plano de segurança e saúde em projecto”, página da web do Instituto dos Registos e do Notariado, em: http://www.irn.mj.pt/IRN/sections/irn/contratacao-publica/anuncios/concurso-publico-n-11-dp/ficheiros-do-concurso/downloadFile/attachedFile_10_f0/PSS.pdf, 2009;

[Safe Work Au, 2012] Demolition Work, Code of Practice, Safe Work Australia, Australia, 2012;

[Visvan, 2005] Navaratnam, Visvan A/L. – A survey of demolition works in malaysia, Borang pengesahan status tesis, Faculty of Civil Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, Novembro 2005;

[Weber, 2006] Weber, Rachel, et al. – “Tearing the city down: understanding demolition activity in gentrifying neighbourhoods.” Journal of urban Affairs, vol 2 2006;

[PCED II, 2012] Processos de Construção e Edificações II, Folhas de apoio à unidade curricular, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Área Departamental de Engenharia Civil, 2012;

[RGR, 2007] Regulamento Geral do Ruído, Publicação em Diário da República, 1.ª série — N.º 12 — 17 de Janeiro de 2007, consultado em <http://dre.pt/pdfs/2007/01/01200/03890398.pdf>, à data de Agosto de 2013;