

Capítulo 5

Conceitos de adaptabilidade na reutilização de antigos edifícios industriais

5. Conceitos de adaptabilidade na reutilização de antigos edifícios industriais para a habitação.

5.1. Introdução

5.2. Estudo da adaptabilidade de antigos edifícios industriais

5.3. Considerações finais

5. Conceitos de adaptabilidade na reutilização de antigos edifícios industriais para a habitação.

5.1. Introdução

Quando se fala em adaptabilidade de edifícios considera-se que, inicialmente, existe a preocupação de manter a estrutura física do edifício existente, para depois, em função das necessidades funcionais da nova utilização, proceder a trabalhos de adaptação do mesmo. Estes trabalhos de adaptação dividem-se, principalmente, de adaptação da envolvente exterior, seja por questões funcionais ou estéticas, de adaptação do espaço interior, fundamentalmente quando estes estão relacionados com a funcionalidade pretendida do novo uso do edifício e que podem obrigar a trabalhos de adaptação da estrutura resistente considerando se necessário o reforço de elementos estruturais ou a alteração do funcionamento da estrutura se por questões de aproveitamento do espaço interior ou do estado de conservação estes se justifiquem.

O aproveitamento da construção e materiais não estruturais depende sobretudo do estado de conservação dos mesmos e do cumprimento destes face a exigências atualmente impostas. A compatibilidade dos mesmos deve sempre ser equacionada pois o seu aproveitamento poderá ter um peso importante no orçamento final, e porque existirão menores desperdícios e consumo de novos materiais.

No nosso caso, o uso que nos leva ao estudo da reabilitação dos antigos edifícios industriais é a habitação. No nosso ponto de vista, apesar de este ser um sector com grande oferta no mercado nacional, em que a cidade da Covilhã não foge à regra, para tipologias T0, T1 e T2 não parece haver uma oferta adequada se pensarmos que a sociedade contemporânea está cada vez mais móvel e o futuro cada vez mais incerto. A rentabilidade do investimento dentro destes parâmetros é sem dúvida discutível e depende de vários fatores, principalmente associados à localização do edifício que se pretende reabilitar, ao estado de conservação do edifício, ao projeto de reabilitação e ao mercado. Se considerarmos que a proposta no conjunto vem preencher um vazio na oferta do mercado, seja pela área, pela qualidade dos acabamentos, pelo consumo energético da fração autónoma, pela proximidade a zonas e equipamentos da cidade e entre outros pela quantidade de trabalhos de construção na adaptação, existe, pelo menos, o interesse de realizar o estudo dos parâmetros envolvidos na

reabilitação dos antigos edifícios industriais e perceber quais os que apresentam maior potencial de reabilitação.

A existência de uma área construída com uma dimensão significativa desocupada, mas servida de todas as infraestruturas e localizadas em áreas urbanas, são outro motivo para a realização e interesse deste estudo.

5.2. Estudo da adaptabilidade de antigos edifícios industriais

A reconversão de um edifício obriga ao estudo da capacidade de adaptação e às exigências do novo uso. A definição do conceito de adaptabilidade, o estudo de requisitos e a eficiência da adaptação de aspetos construtivos estão na origem do esboço da metodologia proposta, daí que este seja um dos principais capítulos deste trabalho. O levantamento preliminar dos edifícios industriais que se encontram localizados na zona urbana da cidade da Covilhã foi o ponto de partida. Este estudo permitiu analisar algumas características construtivas e de localização recorrendo à observação do exterior do edifício do seu meio. Para além disso foi visitado o interior de alguns edifícios e registadas as anomalias mais significativas destes, recorrendo à inspeção visual, e assim perceber quais as limitações que permitiu. Este trabalho tem como base o estudo preliminar realizado sobre os edifícios industriais na cidade da Covilhã.

Ao contrário de edifícios antigos de outras utilizações como habitação e serviços, os antigos edifícios industriais são menos complexos na quantidade de elementos construtivos, sobretudo nos acabamentos. Também as exigências térmicas e acústicas não terão sido consideradas visto que não havia essa necessidade em detrimento do aproveitamento da iluminação natural. As principais características destes edifícios são inevitavelmente as grandes áreas amplas e a grande capacidade resistente dos pavimentos decorrente do tipo utilizado. A evolução da indústria, sobretudo nos edifícios mais antigos, é acompanhada pela evolução do próprio edifício alvo de ampliações, onde poderiam combinar-se diferentes soluções construtivas.

Apesar da grande complexidade de cenários de aproveitamento motivado pela grande variedade de tipologias de edifícios industriais, o estudo pode ser feito balizando características e capacidades construtivas como indicadores de adaptabilidade, servindo de base para este o estudo das exigências construtivas da utilização original. A forma encontrada para efetuar o estudo de adaptabilidade do edifício industrial passa por apurar e quantificar os dois principais parâmetros de avaliação. O primeiro está relacionado com a flexibilidade espacial da adaptação e o outro, não menos importante, com a compatibilidade da adaptação

pretendida e soluções adaptativas da construção existente. A quantificação destes dois parâmetros é definida pela avaliação dos critérios de três tipos de análise:

- Adaptabilidade do espaço interior;
- Adaptabilidade do espaço exterior;
- Compatibilidade e eficiência de aspetos construtivos.

5.2.1. Adaptabilidade interior

As possibilidades de adaptação interior dos edifícios industriais são definidas analisando a sua configuração em planta do piso e através do estudo das características construtivas das fachadas, das coberturas, dos elementos estruturais e da volumetria de um determinado edifício. Deste modo os fatores que mais influenciam a divisão do espaço interior e a disposição das frações são:

- Configuração em planta dos pisos de edifício. (área interior coberta do edifício);
- Altura do edifício e número de pisos;
- Pé-direito dos diferentes pisos;
- Condição de iluminação natural;
- Acessos aos diferentes pisos;
- Distribuição de elementos construtivos estruturais e não estruturais, (nomeadamente divisórias interiores);
- Capacidade resistente da estrutura.

As adaptações que se podem efetuar de forma a otimizar o aproveitamento do espaço interior e melhorar as condições de habitabilidade são:

- Construção/Ampliação de aberturas destinadas a instalar vãos envidraçados;
- Construção de aberturas destinadas a criar acessos ou melhoramento dos acessos existentes;
- Construção de novos acessos exteriores, ao edifício ou à fração;
- Construção ou adaptação de mecanismos de elevação;
- Controlo da vegetação existente na envolvente ao edifício;
- Construção/Instalação de sistemas de iluminação natural nas coberturas.

As dificuldades de execução de trabalhos de adaptação dependem fundamentalmente das características do sistema construtivo, suas condicionantes, o estado de conservação e a durabilidade dos materiais que o compõem e das condicionantes do meio envolvente ao edifício.

5.2.1.1. Configuração em planta

A configuração em planta pode oferecer algumas informações úteis quanto à capacidade de aproveitamento dos espaços interiores do edifício. Os parâmetros geométricos que definem as áreas possibilitam caracterizá-las independentemente da sua amplitude. A configuração em planta pode também revelar outras informações no que diz respeito ao seu esquema estrutural que na globalidade dos casos é obtido pelo agrupamento de corpos estruturais sejam eles dispostos ao longo do eixo de desenvolvimento do edifício ou paralelamente a este ou a junção de ambos os casos. Estes são mais comuns nos edifícios de estrutura porticada, podendo haver alguns casos de estruturas mistas. A figura 5.1. mostra seis casos típicos de combinação de um corpo principal (A), o agrupamento destes pode ser feito através da junção deste a um outro, igual ou semelhante, em que o eixo de maior desenvolvimento deste, pode estar paralelo ou alinhado com o outro(s).

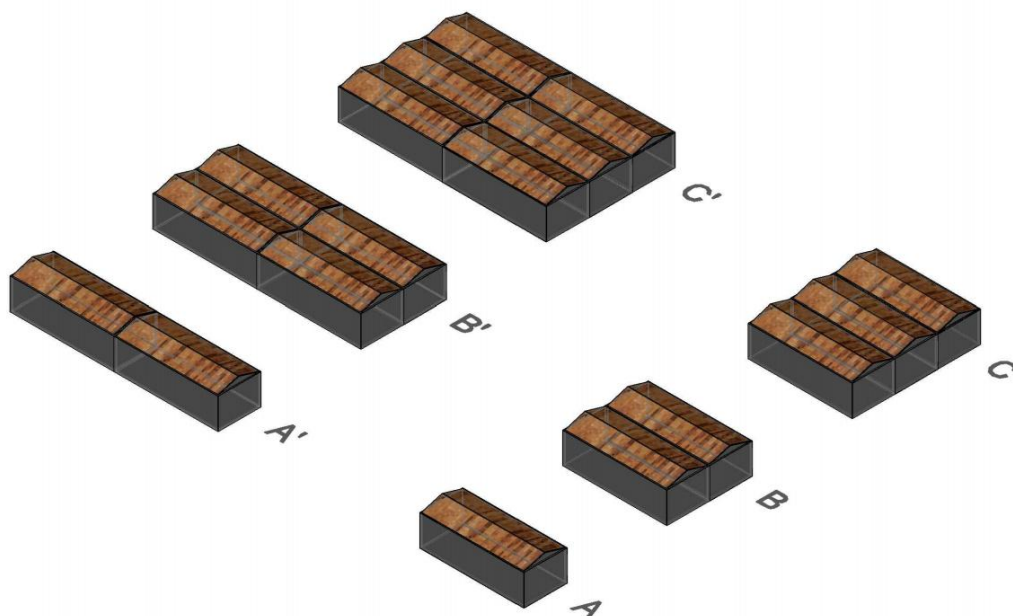


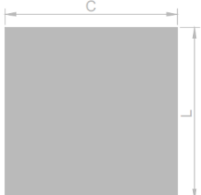


Figura 5.1 - Agrupamento de corpos estruturais na concepção dos edifícios industriais.

O agrupamento pode também ser feito com a junção de edifícios do tipo A com eixos de maior desenvolvimento perpendiculares ou com um ângulo entre eles, cuja intersecção pode ser no espaço interior de ambos. Partindo do conceito de agrupamento de corpos podemos então simplificar e dizer que o edifício composto por corpos que podem ser classificados como Laminares, Retangulares e Regulares. Os critérios que as definem têm a ver com a geometria em planta do piso, a sua largura limita o desenvolvimento do fogo, se este é disposto no sentido de maior desenvolvimento ou perpendicular a ele. É certo que na realidade existem outras formas, muito mais complexas, sobretudo se o edifício foi alvo de uma ampliação e, principalmente quando esta é horizontal. Através de uma relação entre a sua largura e comprimento (C_L/C) podemos avaliar a relação entre as fachadas de maior e menor

desenvolvimento e assim distinguir os edifícios quanto ao aproveitamento do espaço interior, como mostra a tabela 4.1. as figuras 5.2 a 5.7..

Tabela 5.1 - Classificação da configuração em planta piso.

Configuração tipo	Largura (m)	$C_{L/C}$	Esquema
Laminar	[8;20]	$C_{L/C} \leq 0,3$	
Retangular	[8;30]	$0,3 \leq C_{L/C} \leq 0,75$	
Regular	[20;50]	$0,75 \leq C_{L/C} \leq 1$	

Se fizermos corresponder o esquema da figura 5.1. às configurações tipo da tabela 4.1. podemos dizer que:

- A, A' e B' são do tipo laminar;
- B e C' do tipo retangular;
- C e C' do tipo regular.

Para entender de que forma pode ser dividido o espaço interior do piso em frações destinadas à habitação consideraram-se quatro modelos partindo do princípio que:

- A fração deve ter um eixo de desenvolvimento de maneira a otimizar o seu espaço interior e que o comprimento não excede duas vezes a largura;
- A área das frações é próxima da área mínima definida pelo RGEU para as tipologias T1 e T2;
- Os módulos têm um comprimento máximo de 30 m de forma a possibilitar o acesso ao exterior com distâncias inferiores a 15 m. Este pode ser feito por ambas as fachadas mais afastadas ou a meio de uma das fachadas de maior desenvolvimento.
- Não existem limitações ao acesso ou este é feito diretamente ao exterior;
- As fachadas de maior desenvolvimento são as que apresentam maior número de aberturas e vão envidraçadas;
- Devem existir acessos que cumpram as disposições legais no interior ou no exterior;

- Não existe pé-direito mínimo para criar uma mezzanine ou duplex.

O primeiro modelo define a largura mínima interior considerada, 8 metros (a e b). Nestes casos o acesso ao piso é o fator mais condicionante, podendo ser fácil se o acesso puder ser feito diretamente ao exterior ao centro das fachadas com maior desenvolvimento ou nas duas fachadas de menor desenvolvimento. Desde que exista uma fachada de maior desenvolvimento livre é possível garantir a iluminação natural das frações, mas resta saber em que condições. Este tipo configuração, na realidade, corresponde a edifícios industriais mais antigos, pequenos armazéns ou complementos de naves industriais. A estes estão associadas pavimentos e coberturas porticadas que na maioria dos casos vencem o vão apoiadas apenas nas extremidades. Este é aspeto que o distingue positivamente face aos demais.

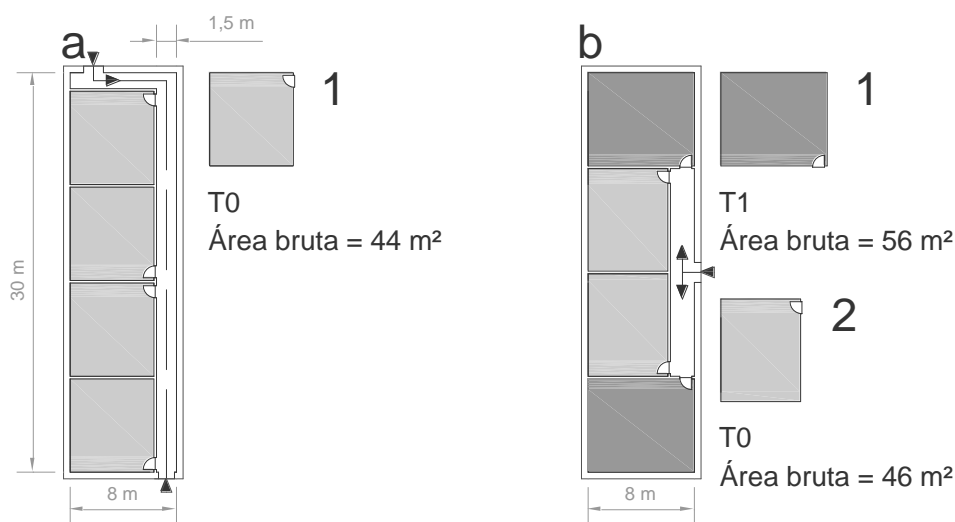


Figura 5.2 - Divisão do espaço interior em frações para pisos com o mínimo de 8 metros de largura.

No segundo modelo foram adotadas larguras de 12 e 16 metros (c e d, respetivamente). Quando se pretende o aproveitamento das duas fachadas de maior desenvolvimento entende-se que a largura mínima é de 12 metros. Neste caso o acesso ao piso está limitado e deve ser feito diretamente ao exterior. Quando se pretende aproveitar apenas uma fachada existe maior flexibilidade de adaptar o acesso ao piso, e a disposição é idêntica aos casos anteriores. Para larguras interiores próximas de 16 metros (d) começa a ser exigido o aproveitamento de duas, três ou quatro fachadas, de maior e menor desenvolvimento respetivamente ou frações com maior área. Nestes casos é normal existirem pilares distribuídos pela área interior ao centro no caso de um por portico ou a $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ do vão para o caso de dois pilares. Já no último piso, é comum o uso de arcos ou treliças em triângulo que na maioria dos casos apenas são apoiados nas extremidades.

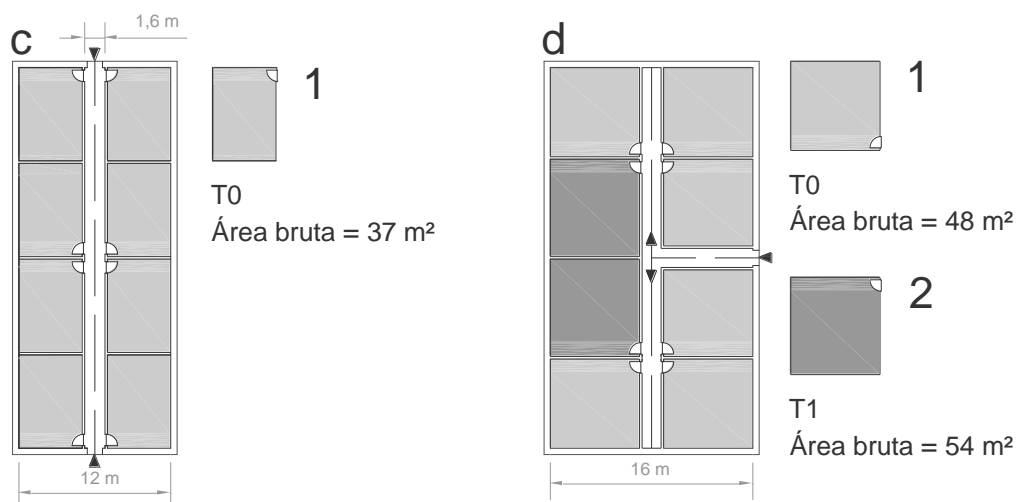


Figura 5.3 - Divisão do espaço interior em frações para pisos com 12 e 16 metros de largura.

O terceiro modelo representa o aproveitamento dos edifícios do tipo regular com largura mínima de fachadas igual a 20 m. Como é perceptível na figura 5.7. o aproveitamento do espaço interior não é o mais desejado por dois motivos. Um efeito limitador é a necessidade das quatro fachadas apresentarem aberturas de envidraçados, mesmo que esse seja o caso existirá uma grande área de pavimento onde não há incidência direta da iluminação natural. Esta tipologia está associada a edifícios construídos a partir de 1950, privilegiando-se o desenvolvimento horizontal do edifício em detrimento do vertical. As coberturas são muitas das vezes em “shed” ou dentes de serra que quando têm dispositivos de iluminação estão orientados principalmente a norte. Outro aspeto da cobertura que é interessante é o número reduzido de pilares de apoio à cobertura que apresenta uma estrutura em grelha acompanhando o perfil dos dentes de serra.

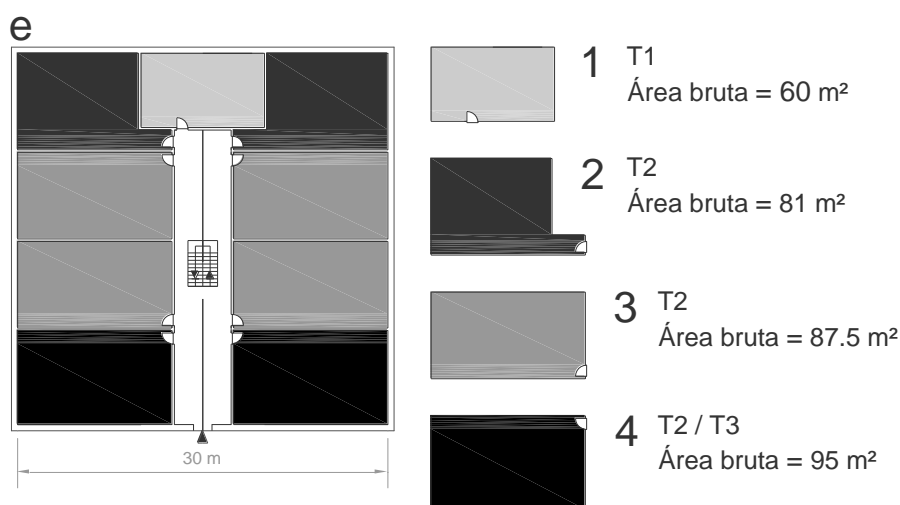


Figura 5.4 - Divisão do espaço interior em frações para pisos com 30 m de largura.

No esboço dos compartimentos destinados à habitação devem ser consideradas as condições de iluminação natural dos compartimentos para além do cumprimento das dimensões legais e disposições funcionais. A figura 5.5. ilustra um possível esquema de aproveitamento para habitações do tipo T1 com a sua respetiva compartimentação. Nestes casos podemos concluir que o acesso é um principal fator de limitação pelo que neste caso terá de ser feito diretamente ao exterior.

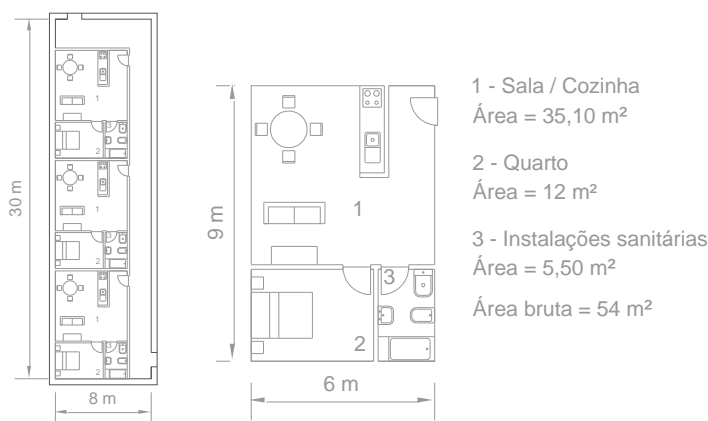


Figura 5.5 - Divisão do espaço interior e descrição detalhada dos compartimentos para edifícios de 8 m de largura e habitações do tipo T1.

Quando as condições de acesso não são diretamente para o exterior há necessidade de se prever um interior recorrendo a vão de escadas e ascensores para garantir a circulação vertical entre pisos. As figuras 5.5. e 5.6. mostram de que forma podem estes ser dispostos quando os existentes inicialmente não cumprem os aspetos legais e funcionais.

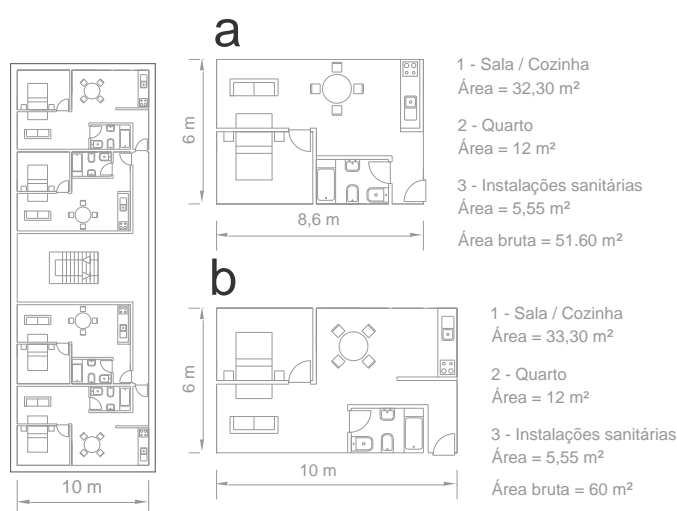


Figura 5.6 - Divisão do espaço interior e descrição detalhada dos compartimentos para edifícios de 10 m de largura e habitações do tipo T1.

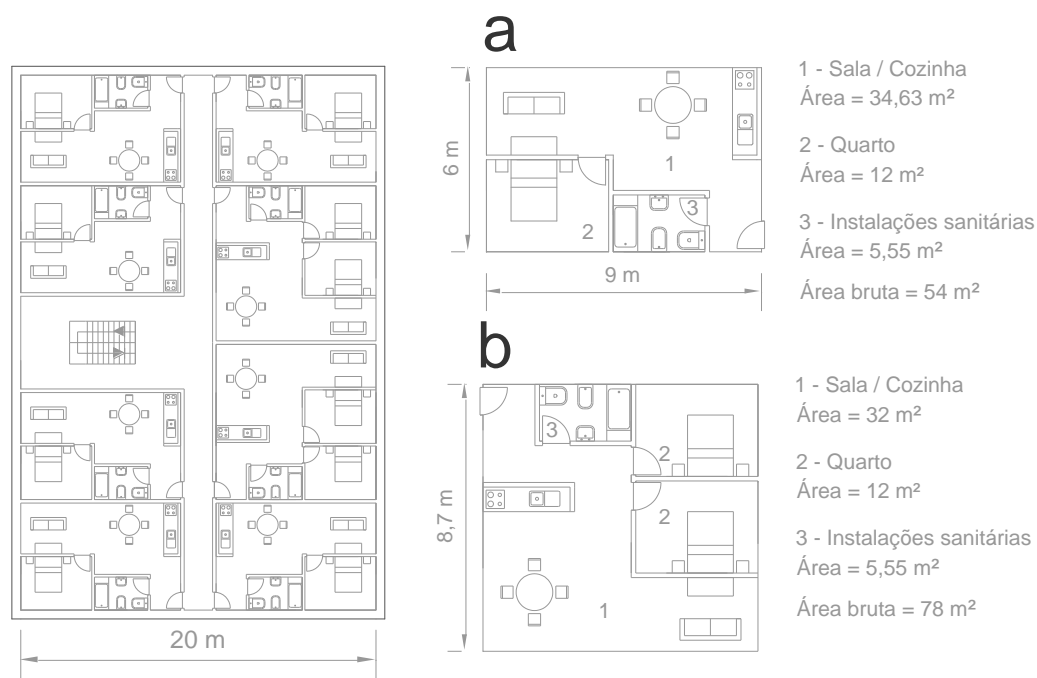


Figura 5.7 - Divisão do espaço interior e descrição detalhada dos compartimentos para edifícios de 20 m de largura e habitações do tipo T2.

5.2.1.2. Pé-direito do piso

O aproveitamento também é influenciado pelo pé direito do piso, e soluções do tipo “mezzanine” ou duplex podem ser eficazes na otimização do espaço interior, possibilitando compartimentos destinados a arrumos ou divisões caso o pé-direito seja superior a 2,20 m. Na figura 5.8 além de se esquematizar a mezzanine são apresentadas as dimensões de pé-direito mínimo para estas situações dependendo do aproveitamento pretendido. Considera-se que o pé-direito mínimo é de 5 m o que permite o aproveitamento até 3 níveis da forma que se pode observar na figura 5.8.

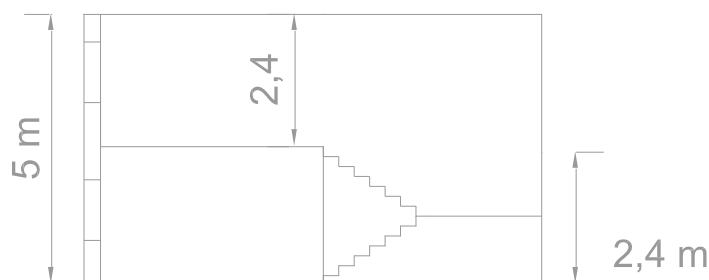


Figura 5.8 - Aproveitamento do espaço interior com duplex

5.2.1.3. Iluminação Natural

A forma como a iluminação natural é captada é fundamental para a habitabilidade do edifício. O aproveitamento controlado da iluminação natural deve atender aos fins do espaço que se pretenda iluminar, consoante o tipo de atividades realizadas no interior do edifício. Num projeto de reabilitação é indispensável realizar uma análise não só das necessidades de iluminação mas também do potencial de aproveitamento da luz natural.

A solução de reabilitação das componentes de iluminação natural e artificial nos edifícios deverá assegurar as seguintes condições ^[19]:

- Existência de iluminações suficientes para a realização das tarefas visuais.
- Garantia de um ambiente luminoso confortável.
- Minimização de eventuais impactes energéticos negativos decorrentes da utilização dos diferentes dispositivos de iluminação natural e artificial.

A “quantidade” e a “qualidade” da iluminação natural disponível no interior dos edifícios depende, essencialmente, dos seguintes aspetos:

- Condições de nebulosidade do céu;
- Período do dia e do ano;
- Características geométricas do edifício e dos compartimentos;
- Dimensões, forma, localização, orientação e características de transmissão dos vãos envidraçados;
- Características reflectométricas e grau de obstruções exteriores;
- Características reflectométricas das superfícies interiores.

Os tipos de intervenção podem ser classificados em três grandes grupos:

- Atuação ao nível dos espaços interiores;
- Atuação ao nível da envolvente do edifício;
- Atuação recorrendo a sistemas inovadores.

A adaptação do espaço interior, apesar de não ser onde se obtêm os maiores níveis de iluminação em termos de quantidade, é onde é possível a correção de problemas de iluminação sobretudo na distribuição espacial e também na escolha de sistemas de iluminação natural que permitam a melhoramento do ponto de vista energético dos sistemas de iluminação artificial. Os fatores a ter em conta no espaço interior dividem-se nos seguintes pontos ^[19]:

- **Refletâncias das superfícies interiores** - os acabamentos das superfícies interiores (paredes, tetos, pavimentos e mobiliário) podem desempenhar um papel fundamental

na redistribuição espacial da iluminação natural e artificial. As refletâncias de algumas superfícies interiores são apresentadas na tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Refletâncias em % de superfícies de materiais utilizados no interior. ^{[19][23]}

Materiais	R (%)	Pinturas	R (%)
Papel branco	80 %	Branco	85 %
Aço inoxidável	40 %	Cinzento claro	70 %
Betão	40 %	Amarelo forte	65 %
Madeira clara	40 %	Cinzento médio	45 %
Madeira escura	10 %	Verde forte	20 %
Tijoleira	10 %	Vermelho forte	20 %
		Azul-escuro	15 %
		Cinzento-escuro	15 %
		Preto	5 %

- **Geometria e dimensões dos compartimentos** - em compartimentos que apresentam vãos envidraçados numa única parede, a iluminação natural decresce rapidamente com a distância aos vãos. A estratégia consiste em limitar a profundidade dos compartimentos de modo que as zonas mais afastadas dos vãos não sejam muito mais escuras do que as zonas próximas dos mesmos vãos.
- **Redistribuição espacial das tarefas visuais** - um melhor aproveitamento da luz solar, associada a outras soluções, consiste na redistribuição interior das tarefas em função da disponibilidade de iluminação natural.
- **Dispositivos de sombreamento interiores eficazes** - o controlo e minimização do encadeamento, direto ou refletido, consiste em dotar os vãos envidraçados de sistemas de sombreamento ajustáveis no interior, que poderão ser opacos e de cores claras ou estores interiores de lâminas.
- **Articulação entre os sistemas de iluminação natural e artificial** - dependendo do tipo de edifícios, dos seus períodos de funcionamento e da eficácia da iluminação natural, a substituição das lâmpadas e luminárias, por equipamentos mais eficientes, conduz à economia em energia elétrica para a iluminação.

5.2.2. Adaptabilidade interior com recurso a alterações na envolvente exterior

As características construtivas das paredes exteriores e o seu estado de conservação são aspetos que devem ser avaliados de forma a perceber qual a facilidade de se realizarem trabalhos de modificação das fachadas. O objetivo é otimizar o aproveitamento do espaço interior recorrendo ao aumento, quando orientadas a Sul, ou diminuição, quando orientadas a norte para o caso de aberturas de envidraçados. As aberturas de acesso podem ser diretas ao exterior, para o caso de pisos térreos, pelo interior do edifício recorrendo a vãos de escadas ou pelo exterior caso as fachadas apresentem as condições necessárias.

5.2.2.1. Adaptação de vãos envidraçados

A orientação das fachadas pretende-se que seja preferencialmente a Sul de forma a aproveitar a radiação solar nos meses de inverno uma vez que o ganho solar direto é a forma mais simples de aproveitar a energia solar. A figura 5.9 representa a orientação perfeita do edifício face aos solstícios de verão e inverno.

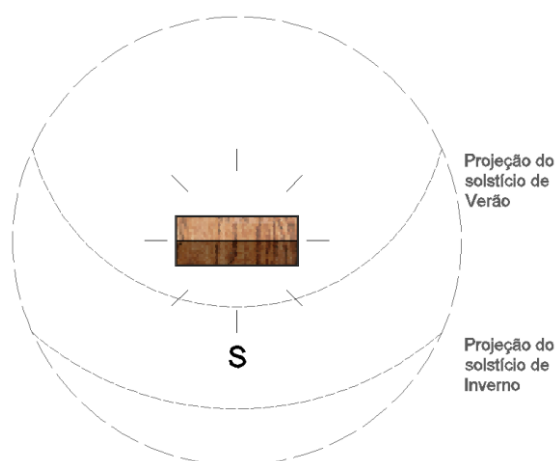


Figura 5.9 - Orientação do edifício considerando os solstícios de verão e inverno.

Neste caso a iluminação natural é captada por aberturas verticais na fachada. Nos edifícios onde a iluminação é captada pela cobertura, para o tipo de coberturas em “Shed” ou “dentes de serra”, as aberturas estão normalmente orientadas a Norte, e se assim for, a luminosidade é distribuída pelo piso uniformemente, sem encadeamento mas o aproveitamento da radiação solar não é aproveitado nos meses de aquecimento. Para além disso, existe outro fator relevante que é a inclinação da abertura e a sua eficiência nos meses de verão. Há, portanto, para ambos os casos a necessidade de estudar soluções que possibilitem a captação de radiação solar sem comprometer o seu aproveitamento para o aquecimento nos meses de inverno. O controlo da radiação solar pode ser efetuado dos seguintes modos ^[19]:

- Mediante a utilização de dispositivos de sombreamento eficazes;
- Mediante o controlo da orientação, geometria e dimensões das aberturas envidraçadas;
- Mediante o controlo das propriedades solares-ópticas das superfícies transparentes;
- Mediante um projeto urbanístico eficaz (sombreamento por edifícios ou vegetação próxima).

5.2.2.1.1. Tipo de aberturas de vãos envidraçados em edifícios industriais

No caso concreto dos edifícios industriais situados na Covilhã, devido ao tipo de atividade, os edifícios destinados à fiação e à tecelagem necessitavam de obter o máximo de iluminação natural, daí que, regra geral nos pisos ou em zonas dos pisos acima da cota de terreno exista um grande número de aberturas. As aberturas de vãos envidraçados podem ser classificadas quanto ao seu posicionamento e desenvolvimento nas fachadas. O posicionamento pode ser centrado ou superior e o desenvolvimento horizontal ou vertical. Os edifícios apresentados na figura possibilitam visualizar alguns tipos de aberturas.



Figura 5.10 - Representatividade de vãos envidraçados nas fachadas, exemplos de edifícios industriais na Covilhã.

As condições de iluminação natural dependem da geometria dos vãos envidraçados ^[19]. Quando estes são altos e estreitos beneficiam a penetração da luz natural a espaços mais profundos (mas potencialmente o controlo do encadeamento e da penetração da radiação solar direta é mais difícil); Vãos baixos (mas com cota de peitoril acima do plano de trabalho) de desenvolvimento horizontal favorecem uma boa disposição da luz natural, permitindo também um maior controlo de encadeamento e penetração solar. Outras formas e localizações de vãos envidraçados poderão ter consequências diferentes ao nível da intensidade e uniformidade da iluminação natural e do conforto visual dos ocupantes, devendo qualquer alteração dos vãos envidraçados ser acompanhada por uma análise adequada.

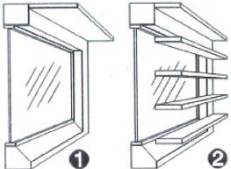
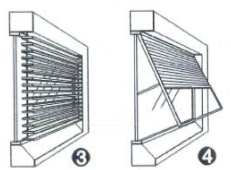
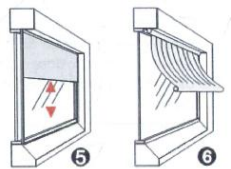
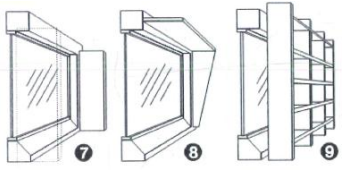
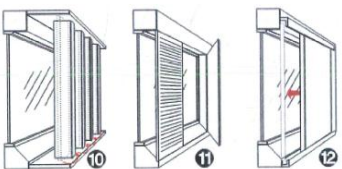
5.2.2.1.2. Possíveis adaptações

As adaptações possíveis de realizar na envolvente exterior que permitam o melhoramento das condições de aproveitamento estão relacionadas, em geral, com os seguintes pontos ^[19]:

- **Adaptação das aberturas de vãos envidraçados** - as condições de utilização dos edifícios industriais, principalmente no caso dos edifícios de lanifícios, requeriam condições de iluminação, sobretudo natural. Quando a sua orientação é privilegiadamente a Sul há interesse em ter uma maior área de envidraçados. Já quando estes estão orientados a Norte a sua área deve ser a menor possível. Há portanto necessidade de efetuar essa análise e caso o edifício não cumpra as exigências, proceder a trabalhos de adaptação, sejam eles de aumento ou de diminuição da área de envidraçados.
- **Instalação de dispositivos de sombreamento exteriores** - desempenham um papel importante na correção da radiação solar nas estações de arrefecimento, e a sua eficácia obriga a uma escolha criteriosa do tipo de envidraçados; (tabela 5.3)
- **Instalação de sistemas de redireccionamento** - quando as condições de iluminação natural não são eficazes e os trabalhos de adaptação estão condicionados, poderá proceder-se à instalação de sistemas de iluminação indireta recorrendo a sistemas de redireccionamento. O uso destes poderá ser vantajoso no caso de pisos em que uma ou mais fachadas se encontram obstruídas por outra construção existente, não pertencente ao imóvel mas que não está em contacto, ou para um melhor aproveitamento na cobertura conforme se explicita na figura 5.11. Estes sistemas podem também ser aplicados na cobertura, principalmente quando o edifício se encontra em banda com os edifícios vizinhos.

Considera-se portanto que as condições de iluminação natural existentes no edifício são particularmente importantes na adaptação do edifício a um novo uso, pelo que se deve em primeiro lugar realizar uma análise detalhada dos vãos envidraçados existentes, a sua orientação e representatividade na fachadas para depois se relacionar com a área de pavimento a iluminar ($A_{ev} \geq 10\%$ de A_{pav} , nº1 do artigo 70º do RGEU). Se necessário, posteriormente, poderão ser estudadas as soluções de adaptação em que devem ser avaliadas as paredes exteriores, a flexibilidade de adaptação e capacidade de suporte.

Tabela 5.3 - Dispositivos de sombreamento e principais características. (adaptado ^{[19][22]})

Dispositivos	Eficiência	Flexibilidade e Manutenção	Esquema
Proteções solares horizontais	Máxima para vãos orientados a Sul durante o período de Verão.	Fixas com exigências de manutenção reduzidas.	
Estores ajustáveis	Possibilidade de ajuste à máxima eficiência para todas as orientações.	Elevada flexibilidade com necessidade de alguma manutenção.	
Toldos e Ecrãs	Máxima para vãos orientados a Sul durante o período de Verão.	Elevada flexibilidade e manutenção reduzida.	
Proteções solares verticais e mistas projetas	Máxima para orientações nascente e poente.	Fixas com exigências de manutenção reduzidas.	
Proteções totais ajustáveis	Eficazes para aberturas em todas as direções.	Elevada flexibilidade com necessidade de alguma manutenção.	

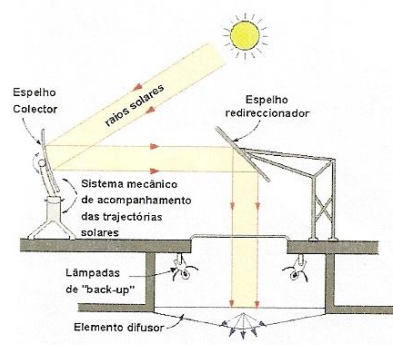


Figura 5.11 - Exemplo de um heliostato (sistema seguidos da posição do Sol) para aproveitamento da luz natural. ^[22]

5.2.2.2. Adaptação dos acessos

Como vimos anteriormente o aproveitamento na divisão do espaço interior está fortemente dependente das condições de acesso ao edifício e ao piso. Quando não existem as condições apropriadas é inevitável que estas sejam criadas. Desta forma os acessos podem ser:

- Diretos ao exterior;
- Pelo interior recorrendo a vãos de escadas ou elevadores caso a sua altura seja superior a 11,5 m ^[RGEU].
- Pelo exterior, instalando vãos de escadas ou elevadores de desenvolvimento paralelo à envolvente vertical.

5.2.3. Adaptabilidade exterior

A correção de problemas de adaptação pode justificar a ampliação do edifício. Para isso, o edifício deve apresentar condições do meio envolvente que as tornem possíveis. A adaptação da zona envolvente pode corrigir problemas de reutilização que normalmente estão relacionados com os seguintes aspetos:

- Ampliação do espaço interior vertical, horizontal ou ambos;
- Acessos ao edifício;
- Estacionamento;
- Cumprimento das disposições normativas;
- Equipamentos de recreio e de lazer;
- Arranjo da vegetação;
- Correção de obstáculos;
- Aproveitamento de instalações e equipamentos pertencentes ao imóvel como sistemas de aproveitamento de águas, minas, poços, reservatórios e também outras construções existentes como passadiços, pontes, muros de contenção e chaminés.

As condições exteriores que permitem a adaptação dos edifícios guiam-se principalmente pelo volume de investimento, no entanto, as condições criadas para os utilizadores podem, em conjunto com o aproveitamento de instalações, proporcionar um aspeto decisivo para o retorno financeiro. O desenho da metodologia foi mais direcionado do ponto de vista do edifício industrial e não tanto como complexo industrial. As exigências tidas em conta estão mais relacionadas com a ampliação do edifício.

5.2.3.1. Ampliação horizontal

A ampliação lateral do edifício pode ser feita pela extensão de uma ou mais fachadas. Esta solução serve como alternativa a outras soluções de adaptação.

Poderá haver algumas limitações que devem ser estudadas como é o caso da compatibilidade entre a estrutura nova e a existente. A possibilidade de resolver algumas restrições da construção existente depende da existência de condições como por exemplo:

- Espaço disponível na envolvente do edifício, não só para a ampliação mas também considerando os requisitos dos acessos, de segurança contra incêndio e altura dos edifícios na vizinhança;
- Terreno com declive pouco acentuado;

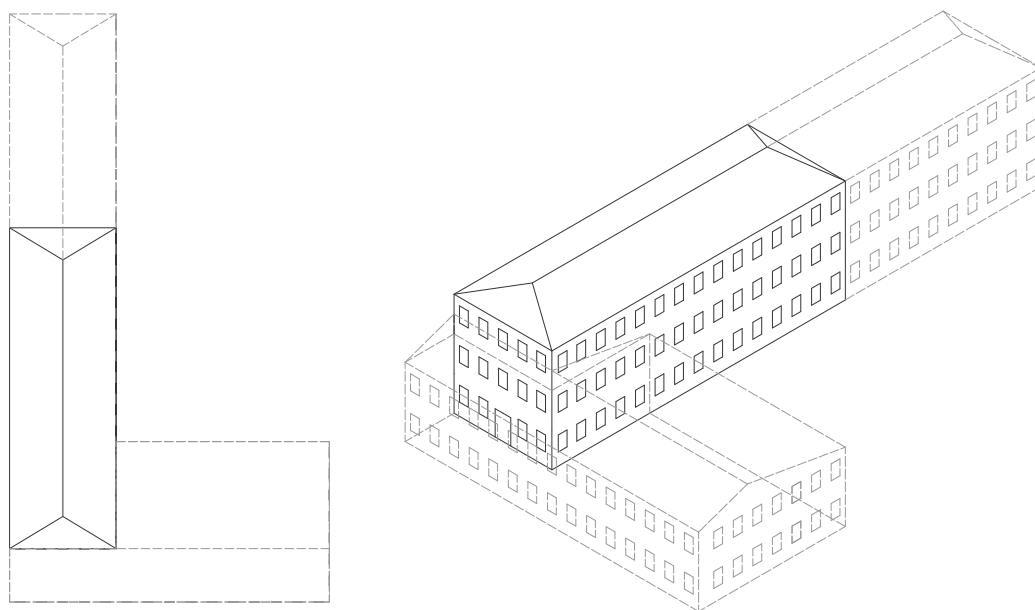


Figura 5.12 - Ampliação horizontal do edifício.

5.2.3.2. Ampliação vertical

A ampliação vertical do edifício é uma adaptação possível no sentido ascendente e descendente. Esta, requer um estudo mais aprofundado da estabilidade estrutural do edifício e pode obrigar ao reforço de elementos estruturais, sejam eles elementos da fundação, paredes resistentes, pilares, vigas ou pavimentos. Este trabalho poderá ser mais complexo

quando comparado ao anterior mas poderá ser uma solução viável quando existem limitações laterais ao edifício ou não se justifica a construção de uma nova parcela, podendo ser acrescentado um ou mais pisos.

Uma solução simples para acrescentar um piso é a alteração ou adaptação da cobertura do edifício. Para isso é necessário que exista um desvão que esteja dimensionado para as cargas da sua ocupação. Caso contrário a solução pode passar por criar uma laje numa estrutura aligeirada e proceder à adaptação da cobertura.

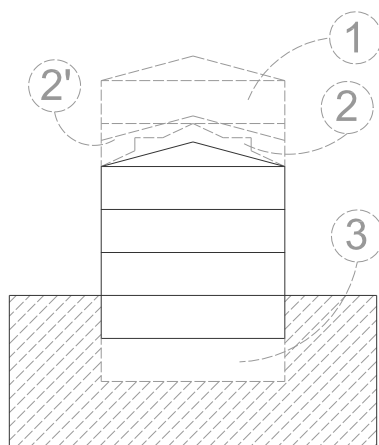


Figura 5.13 - Soluções de ampliação vertical do edifício.

Os pontos da figura 5.13 têm a seguinte legenda:

1. Adição de pisos na zona superior do edifício. A facilidade de adaptação depende da capacidade de carga da estrutura resistente. Uma obra desta natureza pode obrigar ao reforço dos elementos da fundação e assim o tipo de solo e o espaço disponível na envolvente ao edifício irão também ter um peso importante na flexibilidade dos trabalhos de construção.
2. Adaptação da cobertura existente aumentando a área com um pé-direito adequado e criando aberturas de envidraçados. Elevação da cobertura existente para aumentar o pé-direito. A iluminação natural pode ser aproveitada instalando claraboias.
3. Adição de pisos na zona inferior do edifício. Este tipo de alteração é um trabalho complexo pois é necessário reconstruir as fundações do edifício. No entanto, esses trabalhos podem ser necessários se o edifício não apresentar garantias de vida útil e estabilidade. Esta solução pode também justificar-se para a habitação, caso se pretenda construir ou adaptar um piso para estacionamento devido à falta de alternativas.

5.2.3.3. Meio envolvente e acessibilidades

As características da localização do edifício são interesse de estudo quando se pretende avaliar a viabilidade económica de um projeto de reconversão. Apesar de existirem alguns aspetos da localização que não são possíveis de alterar, existem outros que são necessários, exigidos e possíveis de adaptar. Os mais importantes estão relacionados com as condições de acesso ao imóvel, a quantidade e a qualidade de arruamentos e o número de estacionamento públicos e com os obstáculos de sombreamento existentes. O nível de alteração depende sempre da envergadura do investimento do projeto de reconversão, onde devem ser considerados os níveis de adaptação possíveis e exigidos.

5.2.3.4. Arruamentos de acesso

A classificação dos arruamentos de acesso pode ser feita segundo a qualidade das infraestruturas dos arruamentos, as dimensões e o seu declive. Por outro lado é importante também perceber se existem acessos alternativos e quais as suas condições importante por questões de segurança e viabilidade económica.

5.2.4. Estruturas

A estrutura de um edifício pode ser constituída por vários corpos ou apenas por um corpo. No caso de estruturas mais antigas, o edifício era geralmente constituído por apenas um corpo mas poderá haver casos em que, devido a obras de ampliação, estes poderão apresentar vários corpos. Mais recentemente o uso de aço e de betão armado, proporcionou estruturas mais leves e esbeltas e com capacidade de vencer maiores vãos, mas para estas serem mais estáveis e se evitarem problemas maiores no caso de solicitações de ações sísmicas. No caso de esta ser solicitada a assentamentos diferenciais, movimentos do solo, ações dinâmicas ou variações de temperatura sejam elas uniformes ou diferenciais a diminuição da dimensão dos elementos estruturais resulta na menor concentração de esforços.

5.2.4.1. Tipificação de soluções construtivas e elementos estruturais.

A tipologia das soluções construtivas utilizadas na conceção de antigos edifícios industriais está seguramente associada à época de construção do edifício, que até à algumas décadas atrás dependia muito da localização e dos materiais disponíveis nesse local. Isto obrigava à conceção de elementos construtivos “in-situ” contrariamente com o que acontece atualmente. Do estudo preliminar conclui-se que existem dois tipos de estruturas resistentes dos corpos estruturas mistas e porticadas.

- **Estruturas mistas** - compostas por paredes resistentes, normalmente em pedra ou madeira, e pavimentos suportados por vigas e pilares de betão armado, ferro fundido, aço ou madeira.
- **Estruturas porticadas** - compostas por planos sucessivos e espaçados de vigas e pilares ligados transversalmente por vigas. Na sua constituição são utilizados o betão armado, ferro fundido ou aço.

Os sistemas estruturais variam consoante a época de construção do edifício, a disponibilidade de materiais e tecnologias e dependeu fortemente da localização e da evolução dos transportes e vias de comunicação. O ano de construção permite assim classificar o edifício e o seu sistema estrutural enquadrando-o quanto à disponibilidade de sistemas construtivos na época. No caso dos edifícios industriais é entendido que estes, inicialmente foram uma evolução de construções de edifícios agrícolas, oficinas e armazéns que com o aumento na procura de mercado começaram a requerer características espaciais devido aos equipamentos e exigências de produção. Com o aparecimento do aço e do betão armado houve a possibilidade de construir edifícios de vários pisos com grandes áreas mais amplas do que anteriormente, e com grande capacidade de carga. O período em que o betão armado começou a ser utilizado em Portugal remonta ao final do séc. XIX. Segundo o estudo preliminar, no caso dos edifícios industriais na cidade da Covilhã existem registos da sua utilização, pelo menos, a partir dos anos 1920 aproximadamente.

O “Método de avaliação de estado de conservação de edifícios” (MAEC) apresentado no quadro do novo Regime de Arrendamento Urbano (NRAU) ^[24] apresenta uma classificação da tipologia estrutural consoante a época de construção que se divide nas seguintes categorias:

- "anterior a 1755" - Edificações pré-pombalinas.
- "1755 a 1864" - Edificações do período pombalino e similares.
- "1865 a 1903" - Adulteração das referências pombalinas e significativo aumento do número de pisos. Período compreendido entre a entrada em vigor das primeiras posturas municipais sobre construção, em Lisboa (1865), e a publicação do Regulamento de Salubridade das Edificações Urbanas (1903).
- "1904 a 1935" - Introdução de lajes constituídas por perfis metálicos e abobadilhas e de lajes de betão armado (de primeira geração) em zonas húmidas, apoiadas em paredes resistentes. Período que se estende até à entrada em vigor do Regulamento do Betão Armado (RBA, 1935).
- "1936 a 1950" - Introdução gradual de estruturas reticuladas. Período que decorre entre a entrada em vigor do RBA e a entrada em vigor do Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU, 1951).
- "1951 a 1982" - Generalização do tipo “esquerdo-direito” e predomínio das estruturas reticuladas de betão armado preenchidas com paredes de alvenaria (tijolos) furados e blocos de betão). Aumento gradual da altura das construções. Período compreendido

entre a entrada em vigor do RGEU e a aprovação do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP, 1983), incluindo a entrada em vigor do Regulamento de Estruturas de Betão Armado (REBA, 1968), que o REBAP veio revogar e substituir.

- "Posterior a 1982" - Edificações posteriores à entrada em vigor do REBAP. Observa-se que quando diferentes partes de um edifício correspondem a épocas distintas, deve considerar-se o período de construção da parte principal do edifício. Caso o edifício tenha sido sujeito a uma reformulação estrutural profunda deve ser considerado o período em que ocorreu como sendo o período de construção. Se a estrutura de um edifício for característica de um período mas a sua data de construção for doutro período, deve prevalecer a data de construção.

Para o uso do betão armado escolha das épocas de construção e sistemas estruturais para edifícios industriais em Portugal foi feita considerando os seguintes aspetos:

- Considera-se o período inicial do ano de 1900 a 1920 devido aos seguintes aspetos:
 - Em 1894 inicia-se o fabrico, em Portugal, do cimento Portland, em Alhandra;
 - Em 1898 é criada oficialmente a Direção de Estudos e Ensaios de Materiais de Construção;
- Considera-se o segundo período de 1920 a 1960 atendendo que:
 - Em 1918 entra em vigor do "Regulamento para o emprego do beton armado";
 - Em 1935 entra em vigor o RBA "Regulamento do Betão Armado";
- Considera-se o terceiro período de 1960 a 1980 atendendo que:
 - Em 1958 entra em vigor o RSCCS "Regulamento de Segurança das Construções Contra Sismos";
 - Em 1961 entra em vigor o RSEP "Regulamento de Solicitações em Edifícios e Pontes";
- Considera-se o quarto e último período de 1980 até aos dias de hoje pois:
 - Em 1983, entra em vigor o RSA "Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes" e o REBAP "Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado".

Recorrendo ao estudo preliminar e a alguns registos bibliográficos, os sistemas estruturais utilizados em edifícios industriais podem ser agrupados da seguinte forma apresentada na tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Épocas de construção e sistemas estruturais utilizados nos edifícios industriais. (adaptado de ^[25])

Época de construção e sistemas estruturais	Principais materiais estruturais	Características da construção
Até 1755	Alvenaria e madeira	Estrutura de paredes-mestras em alvenaria de pedra aparelhada ou não, com reforço de zonas de abertura e cunhais. Pavimentos de madeira e com recurso ao arco de forma a vencer os maiores vão de aberturas. Coberturas em asna de madeira apenas contra ventadas pelas madres.
1865	Alvenaria e madeira	Tabique e pavimentos de madeira.
1865 - 1900	Alvenaria, madeira e ferro fundido	Paredes em alvenaria de pedra ou tabique. O ferro fundido aparece inicialmente em pilares de reforço dos pavimentos de madeira (1792-3) ^[4] e, posteriormente nas vigas em treliça. O ferro fundido e aço são correntemente utilizados como elemento estrutural da cobertura em treliças contra ventadas
1900 - 1920	Alvenaria e betão armado	Paredes em alvenaria de pedra ou cantaria. Lajes de betão armado. Cobertura em treliça em aço ou betão armado.
Após 1940	Betão armado	Estruturas porticadas em betão armado. Lajes maciças ou aligeiradas onde se recorre a elementos pré fabricados como as vigota e abobadilhas.

5.2.4.1.1. Estruturas mistas

No caso das estruturas mistas, devido à disponibilidade dos materiais e à utilização dos edifícios, os sistemas estruturais são de um modo geral, constituídos por paredes-mestras de alvenaria de pedra e lajes de betão armado.

As paredes resistentes em pedra no caso dos edifícios industriais na cidade da Covilhã são, na sua maioria, de granito. Estas podem ser classificadas em função das suas características construtivas segundo quatro parâmetros: ^[22]

- **Pedra** - forma das pedras utilizadas (trabalhadas ou não trabalhadas), natureza ou origem e dimensão.
- **Secção** - número de paramentos e respetiva espessura, grau de sobreposição (imbricamento) entre paramentos, presença de pedras transversais na ligação entre os paramentos (travadouros ou “juntouros”, por vezes perpianho), dimensão e distribuição de vazios e percentagem de combinação dos diferentes componentes (pedra, argamassa, enchimento e vazios).
- **Assentamento** - textura e regularidade das superfícies de assentamento (regular, irregular, desbastada, etc.) e a sua disposição com destaque para a presença de calços ou cunhas realizados com pedras de menores dimensões.
- **Argamassa** (quando utilizada como elementos de ligação entre pedras) - consistência, em primeiro lugar, e em segundo lugar desempenho, espessura e cor das juntas e, finalmente, diâmetro, forma e cor dos agregados.

Os paramentos podem ser simples ou múltiplos (duplos ou triplos). Neste último caso poderão existir travadouros como forma de pedras transversais ao desenvolvimento do paramento, ou no encontro de paredes perpendiculares “cunhais” garantindo assim o travamento. O enchimento da parede é normalmente heterogéneo e pouco coeso constituído sobre tudo por pedras soltas e terra. Em termos gerais, quanto à forma e assentamento da pedra as paredes podem ser classificadas como:

Tabela 5.5 - Classificação de paredes-mestras em pedra. (adaptado ^[22] ^[25])

Designação	Características
Perpianho	Executada por uma só pedra na espessura, de faces mais ou menos regulares, ligadas por argamassa ordinária.
Parede de cantaria	Pedras de cantaria com as faces devidamente aparelhada, assentes em argamassa ou apenas justapostas.
Alvenaria de pedra aparelhada	Pedras irregulares aparelhadas, assentes em argamassa ordinária ou apenas justapostas
Alvenaria ordinária	Pedras toscas, irregulares em forma e dimensões, ligadas com argamassa ordinária.
Paredes mistas	Paredes de alvenaria e cantaria.

As preocupações do ponto de vista construtivo destas soluções estão relacionadas com o travamento de paramentos múltiplos que caso não exista obriga o funcionamento de autónomo dos paramentos detetado com o “inchar” da parede. Outra preocupação é a lavagem das argamassas e/ou do enchimento interno das paredes, este fator poderá estar na origem da diminuição da capacidade de resistente e do aumento de deformação da parede.⁽¹³⁾

As paredes de alvenaria, no seu todo, possuem um bom comportamento quando solicitadas à compressão ^[24]. O mesmo não acontece quando estas são solicitadas à tração, flexão e ao corte. O comportamento mecânico das paredes não é só condicionado pela heterogeneidade dos materiais utilizados na sua composição, diferentes propriedades físicas e mecânicas, mas também pela:

- Geometria, rugosidade superficial e porosidade dos componentes;
- Índice de retração, do poder de aderência e do poder de retenção de água da argamassa de assentamento;
- Esbelteza e contraventamentos;
- Ligações entre paredes;
- Rigidez dos elementos de fundação e da geometria.

Considerando que a parede é bem executada, com materiais de boa qualidade podemos dizer que estas soluções construtivas são, de um modo geral, extremamente duráveis e com grande capacidade resistente à compressão. No entanto, do ponto de vista da adaptabilidade existem limitações quanto à sua estrutura física, trabalhos de alteração na estrutura da parede devem ser previamente estudados e executados por pessoal especializado. O reencaminhamento das forças de compressão deve ser entendido como uma tarefa que pode por em causa a estabilidade da parede e do próprio edifício, sobretudo nas paredes de alvenaria em que a pedra não é aparelhada onde é mais difícil perceber quais os pontos de transmissão de carga entre os elementos que a constituem.

As paredes resistentes cujo material base é a madeira ou tabique resistente podem ser divididas em tabique misto ou resistente. ^[22]

- **Tabique misto** - estrutura de vigas de madeira que funciona como um esqueleto elástico e cujos vãos podem ser preenchidos por tijolo maciço acompanhado com argamassa. Outras soluções de enchimento deste tipo de tabique são a palha, restos de construções ou mesmo terra não cozida.
- **Tabique resistente** - estrutura feita com tábuas de madeira, colocadas a prumo (na vertical), sobre as quais se prega uma segunda camada de tábuas na diagonal, travadas com um ripado horizontal (fasquio). Este ripado não tem só função de travar a parede como também a de preparar para receber o revestimento.

Neste tipo de paredes não deverão ser induzidos acréscimos de ações significativos que possam por em causa a sua estabilidade, com a conseqüente necessidade de proceder ao seu reforço, primeiro, e das fundações depois. O mau comportamento da madeira quando em contacto frequente com a água faz com que este sistema construtivo seja utilizado acima do primeiro piso, sendo os níveis enterrados e o primeiro executados em alvenaria de granito. É fundamental identificar com muito rigor todas as paredes em madeira que dão apoio a sobrados, coberturas, escadas ou elementos decorativos ou secundários da construção. O erro construtivo mais frequente e de conseqüências mais desastrosas relacionado com obras realizadas em edifícios antigos, corresponde à supressão de paredes resistentes em madeira, muitas das vezes de pequena espessura. O efeito de travamento horizontal destas paredes na constituição original é também em geral não desprezável, pelo que a sua simples supressão (sem substituição por solução alternativa) pode induzir deslocamentos e fissuração, anteriormente inexistentes ^[22].

5.2.4.1.2. Estruturas porticadas

As estruturas porticadas apenas se tornaram possíveis com o aparecimento de materiais de elevada resistência e ductilidade como o ferro fundido, o aço e, posteriormente, o betão armado. O domínio teórico dos fenómenos envolvidos no carregamento do material levou a que, sem comprometer a segurança, se construíssem estruturas cada vez mais esbeltas capazes de resistir às solicitações mais adversas.

O estudo das características propriedades dos materiais utilizados neste sistema estrutural ajuda a perceber quais as vantagens e desvantagens do uso destes em estruturas.

No caso do aço podem-se referir as seguintes vantagens: ^[25]

- Resistência
- Uniformidade
- Durabilidade
- Ductilidade
- Tenacidade
- Uniões
- Montagem e desmontagem
- Compatibilidade

Desvantagens:

- Custo de manutenção
- Comportamento ao fogo
- Suscetibilidade à encurvadura

5.2.5. Envolvente exterior

Os elementos da envolvente exterior, coberturas, paredes exteriores, envidraçados e o pavimento em contacto com o solo fazem a separação entre o ambiente exterior e interior do edifício. Os materiais que a constituem, o seu desempenho e estado de conservação são os principais parâmetros a avaliar no estudo da adaptabilidade dos elementos da envolvente.

5.2.5.1. Cobertura

No caso das coberturas de antigos edifícios industriais importa referir que são, do ponto de vista de durabilidade, os elementos mais delicados quando expostos aos agentes climáticos. A sua orientação, inclinação, reação à ação do vento e da neve ganham outro relevo à medida que aumentamos a escala do edifício. Do conjunto de exigências industriais resultaram estruturas leves e esbeltas capazes de vencer grandes vãos mas que apresentam poucas ou nenhuma preocupação térmica e acústica o que as faz o principal alvo de estudo e possível intervenção.

O seu revestimento pode ser aproveitado apenas no caso de telhas cerâmicas, se bem que outros aspetos devem ser ponderados, uma vez que as soluções aproveitamento devem ser compatíveis com a estrutura. A sua capacidade resistente deve ser bem avaliada, no caso de elementos metálicos a corrosão pode ocorrer nas mesmas zonas das vigas devido as condições de exposição semelhantes o que pode dar origem ao colapso generalizado da cobertura. O aproveitamento da estrutura, recorrendo se necessário ao reforço ou adaptação, é um fator importante da viabilidade económica. A solução pode passar pela redução do vão, esta deve ser bem equacionada pois os perfis utilizados são obtidos, em geral, através da junção de perfis em cantoneira com chapas metálicas, em maior número nas zonas de ligação.

5.2.5.2. Paredes Exteriores

Como referido anteriormente as paredes exteriores são caracterizadas pelos materiais que a constituem e as técnicas de construção utilizadas. No caso dos edifícios mais antigos em ruína em que estas são em pedra, as paredes são os únicos elementos que restam da edificação. Este fato demonstra a durabilidade desta técnica, no entanto, há que avaliar outros fatores como a estabilidade da parede, a facilidade de proceder a alterações e a capacidade de suporte.

Nos edifícios mais recentes a utilização e após o domínio da construção em betão armado as paredes exteriores são feitas de tijolos cerâmicos, neste caso a durabilidade é mais discutível sobretudo quando estão em contacto frequente com a água.

Do ponto de vista da adaptabilidade é também necessário cumprir as disposições legais da térmica e perceber como quais as soluções de paredes que podem ser mais vantajosas. Através do cálculo do coeficiente de transmissão térmica para algumas soluções encontradas podemos ter uma ideia do seu fecho térmico e prever algumas soluções de adaptação que cumpram as disposições do RCCTE. A tabela 5.6. descreve o tipo de paredes exteriores para as quais foi calculado o coeficiente de transmissão térmica sem isolamento, com isolamento pelo exterior com o uso de placas de poliestireno expandido extrudido (XPS) de 4 e 6 centímetros apresentado na tabela 5.7..

Tabela 5.6 - Soluções de paredes exteriores estudadas.

Soluções de paredes exteriores estudadas		Espessura da parede (m)
A	Parede de alvenaria de pedra do tipo granito, constituída (do interior para o exterior) por reboco à base de cal e areia (2,0 cm).	0,52
B	Parede de alvenaria de pedra do tipo granito, constituída (do interior para o exterior) por reboco à base de cal e areia (2,0 cm) e reboco à base de cal e areia (2,0 cm).	0,54
C	Parede de alvenaria de tipo furado, constituída (do interior para o exterior) por reboco tradicional (2,0 cm), tijolo (20 cm) e reboco tradicional (2,0 cm).	0,24
D	Paredes de alvenaria de tijolo furado pano duplo, constituída (do interior para o exterior) por reboco tradicional (2,0 cm), tijolo (15 cm), tijolo (11 cm) e reboco tradicional (2,0 cm).	0,30
E	Paredes de alvenaria de tijolo furado pano duplo, constituída (do interior para o exterior) por reboco tradicional (2,0 cm), tijolo (15 cm), caixa de ar (2 cm), tijolo (11 cm) e reboco tradicional (2,0 cm).	0,32

Tabela 5.7 - Valores do coeficiente de condutibilidade térmica (U) das soluções de paredes exteriores estudadas.

	U (W/m ² °C)		
	Sem isolamento	Isolamento exterior XPS (4 cm)	Isolamento exterior XPS (6 cm)
A	2,667	0,742	0,530
B	2,509	0,729	0,523
C	1,961	0,629	0,469
D	1,676	0,596	0,451
E	0,716	0,404	0,331

Sendo a Covilhã uma zona climática de inverno I3 cujo valor de referência de U disposto no RCCTE é de 0,90 W/m² °C, observa-se que sem isolamento apenas a solução E verifica e que a redução se deve essencialmente à existência de caixa-de-ar que interrompe a condução. Esta solução também apresenta os valores mais baixos, quando comparados com as outras soluções, para a situação com isolamento térmico naturalmente.

O Prof. João Lanzinha apresenta, na sua tese de doutoramento ^[15], os níveis de qualidade térmica para elementos opacos apresentados nas seguintes figuras. O nível de qualidade térmica é obtido da divisão do valor U obtido pelo U de referência.

	Envoltente Exterior						Envoltente Interior					
	Parede			Zona Opaca Horizontal			Paredes			Zona Opaca Horizontal		
	I1	I2	I3	I1	I2	I3	I1	I2	I3	I1	I2	I3
N5	0,35	0,30	0,25	0,25	0,23	0,20	0,70	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40
N4	0,35	0,30	0,25	0,25	0,23	0,20	0,70	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40
N3	0,49	0,42	0,35	0,35	0,32	0,28	0,98	0,84	0,7	0,7	0,63	0,56
N2	0,63	0,54	0,45	0,45	0,41	0,36	1,26	1,08	0,9	0,9	0,81	0,72
N1	0,70	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	1,40	1,20	1,00	1,00	0,90	0,80
N0	1,25	1,10	0,98	0,88	0,73	0,65	1,70	1,60	1,45	1,33	1,10	1,00
N-1	1,80	1,60	1,45	1,25	1,00	0,90	2,00	2,00	1,90	1,65	1,30	1,10
N-2	1,98	1,76	1,60	1,38	1,10	0,99	2,20	2,20	2,09	1,82	1,43	1,32
N-3	2,16	1,92	1,74	1,50	1,20	1,08	2,40	2,40	2,28	1,98	1,56	1,44
N-4	2,34	2,08	1,89	1,63	1,30	1,17	2,60	2,60	2,47	2,15	1,69	1,56
N-5	2,52	2,24	2,03	1,75	1,40	1,26	2,80	2,80	2,66	2,31	1,82	1,68

Figura 5.14 - Níveis de qualidade térmica elementos opacos verticais e horizontais. ^[15]

Deste modo, podemos relacionar os valores de U calculados para as soluções de paredes exteriores e assim atribuir o nível de qualidade térmica para as situações apresentadas na tabela 5.8..

Tabela 5.8 - Níveis de qualidade térmica das soluções de paredes exteriores estudadas

	Sem isolamento		XPS (4 cm)		XPS (6 cm)	
	U / U_{ref}	Nível	U / U_{ref}	Nível	U / U_{ref}	Nível
A	2,963	N-5	0,825	N1	0,589	N1
B	2,788	N-5	0,810	N1	0,581	N1
C	2,178	N-5	0,699	N1	0,521	N1
D	1,862	N-3	0,662	N1	0,501	N1
E	0,795	N1	0,449	N3	0,368	N3

As soluções de parede de alvenarias de pedra apresentam valores muito abaixo do nível de qualidade pretendido o que as torna neste ponto de vista menos apetecíveis, no entanto a sua grande inércia térmica associada a uma solução mais arrojada pode inverter este fator.

5.2.6. Estado de conservação

O estado de conservação das edificações muito dá que falar, sobretudo nos dias de hoje que se tem abordado o mercado da reabilitação como um potencial motor da indústria da construção no país. O estudo das propriedades dos materiais e a compatibilidade da sua conjugação é sem dúvida a abordagem correta na correção de anomalias numa em qualquer construção. A correção das anomalias está fortemente condicionada pela sua avaliação, devendo estas ser baseada no estudo de diagnóstico, preferencialmente recorrendo a equipamentos de medição e de ensaio, sendo estes destrutivos ou não. Mas quando isso não é possível a inspeção visual é uma alternativa, apesar de não se obter dados muito precisos o olho humano revela-se num instrumento que aliado ao conhecimento técnico e teórico e prático permite registar um grande número de anomalias apurando de forma as suas causas.

Do resultado da avaliação a correção da anomalia apenas pode ser feita através de dois caminhos, a desconstrução parcial ou a adaptação consoante o nível de afetação do elemento construtivo em causa. O nível de aproveitamento dos elementos construtivos está diretamente associado ao seu estado de conservação face à durabilidade e vida útil dos materiais que os compõem. De um modo geral, as anomalias podem ser organizadas da seguinte forma.

Tabela 5.9 - Classificação de anomalias em elementos construtivos. (adaptado [25])

Anomalia	Causa / Manifestação	
Fissuração	Física	- Carregamento excessivo face à capacidade resistente. - Assentamentos diferenciais e deslizamentos do solo. - Ações sísmicas (cargas dinâmicas).
	Químicas	- Retração dos elementos estruturais - Reação a sais; - Incompatibilidade de elementos construtivos (parede e revestimento ou alvenaria e elemento estrutural) - Oxidação de elementos metálicos
Humidade	Infiltração	- Zona corrente; - Pontos singulares; - Fortuita.
	Ascensional	
	Condensação	
	Construção	
Deterioração	Acidental	
	Falta de manutenção	
	Vandalismo	
Erros	Projeto/ conceção	
	Utilização	

5.3. Considerações finais

Do estudo da adaptabilidade realizado é possível perceber que as soluções de adaptação de um edifício são várias e em muito dependem do tipo de utilização pretendida. No caso da reconversão de antigos edifícios industriais para edifícios de habitação coletiva conclui-se que para o objecto de estudo o aproveitamento mais indicado é para tipologias de área mais pequena como o T0, T1 e T2, devido sobretudo devido sobretudo às necessidades habitacionais, às condições de iluminação natural e às diferentes possibilidades de organização dos compartimentos interiores. Estudaram-se as melhores condições dimensionais para as configurações em planta das diferentes tipologias, tendo-se optado por criar regras de análise para as principais configurações dos edifícios existentes: laminar, retangular e regular.

Estudaram-se igualmente as relações entre as exigências relativas à adaptabilidade interior e as necessidades de alteração da envolvente exterior, as exigências relativas à adaptabilidade exterior dos edifícios, nomeadamente condições de ampliação e relação do edifício com o meio envolvente e acessibilidades, adaptabilidade estrutural, requisitos a satisfazer pelos elementos da envolvente exterior (cobertura e paredes exteriores) e análise do estado de conservação dos diferentes elementos construtivos.

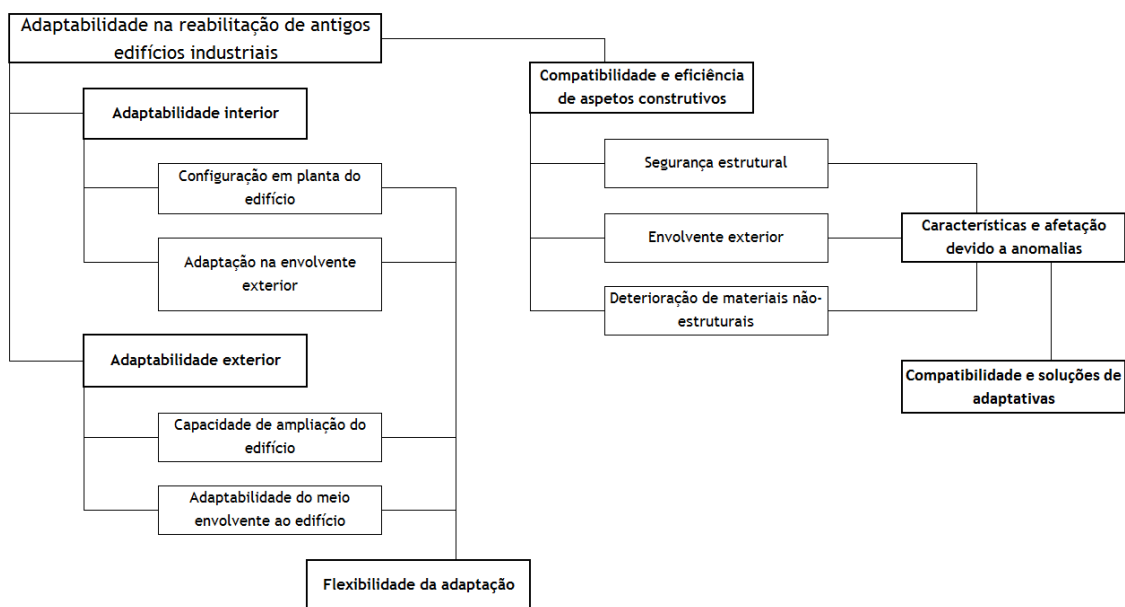


Figura 5.15 - Esquema do estudo da adaptabilidade.