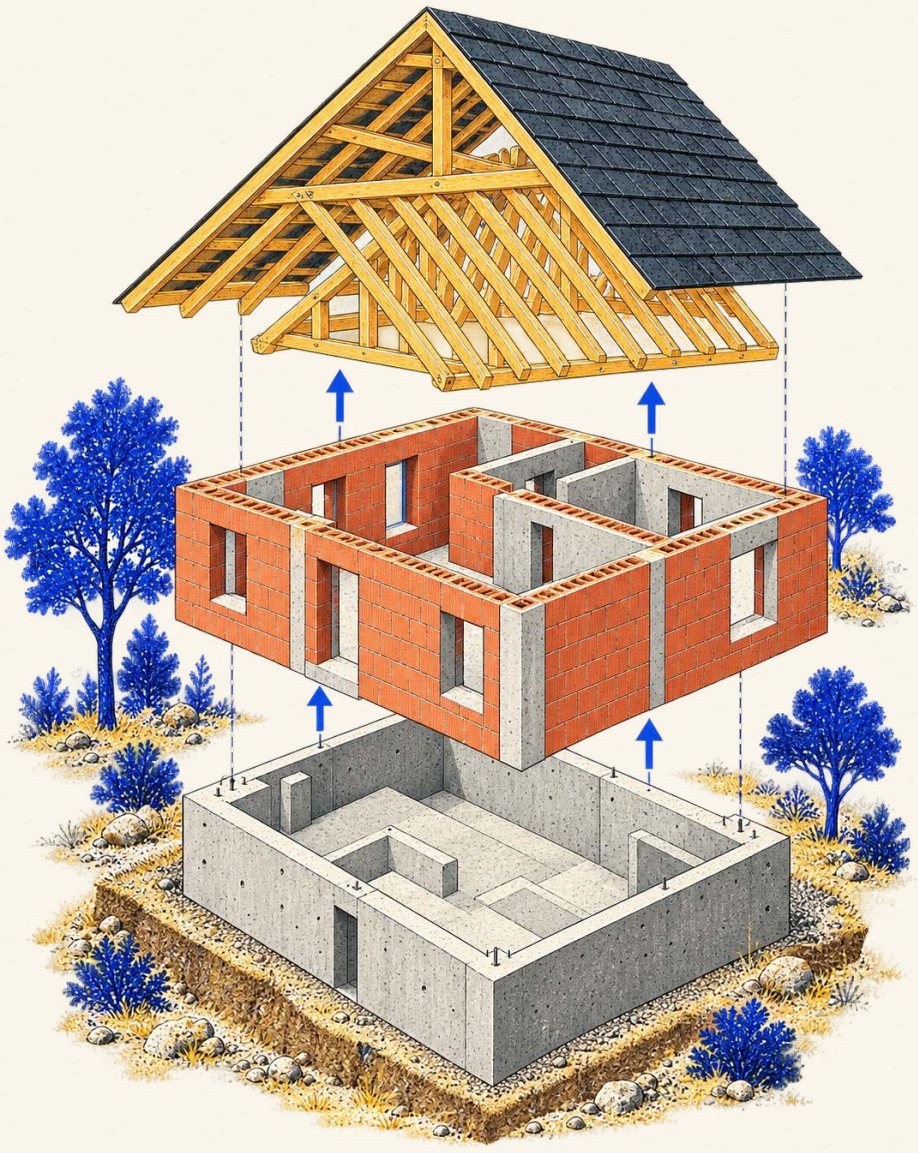
Build
Your Home

EDIÇÃO EM PORTUGUÊS

Construir casa, passo a passo

DO TERRENO À MUDANÇA



Build Your Home

13 capítulos · 2 anexos · 87 ilustrações

Edição 0.10.79-pt.4

ÍNDICE

Índice

Selecione um título para ir para o capítulo.

Prefácio 2

01 Bases para compreender 6

02 Que casa está realmente a construir 31

03 Terreno, localização e ligações às redes 44

04 Projeto, orçamento e licenças 52

05 Mapa de quantidades: do projeto ao orçamento 63

06 Pessoas, propostas e acordos 68

07 Preparação do estaleiro 78

08 Terraplanagens e fundações 84

09 Estrutura, lajes entre pisos e cobertura 100

10 Envolvente, isolamento, fachada e caixilharia 132

11 Instalações, aquecimento e água 154

12 Trabalhos interiores e de acabamento 175

13 Receção, utilização e manutenção 208

Apêndice A: Ferramentas de trabalho 213

Anexo B: Sistemas adicionais e arranjos exteriores 215

Glossário 220

Referências 227

CAPÍTULO

Terraplanagens e fundações

A fundação liga a casa ao terreno

A fundação não é apenas um bloco de betão na base da casa. A sua função é receber as cargas da estrutura resistente e transmiti-las ao terreno sem provocar assentamentos, deslocações ou fissuração inaceitáveis. Está também em contacto com a humidade do solo, as tubagens das instalações e os arranjos exteriores. Por isso, as decisões relativas ao que fica por baixo da casa são tomadas em conjunto, antes de esses elementos se tornarem inacessíveis.

Poucos minutos antes da betonagem, ainda é possível ver cada tubagem, ligação e varão da armadura. Algumas horas depois, resta apenas uma superfície cinzenta e lisa. Na construção, esse momento em que tudo está prestes a ficar oculto é muitas vezes mais importante do que uma fotografia do elemento acabado.

No final deste capítulo, será capaz de

- distinguir o terreno, a fundação resistente e a laje de pavimento;
- compreender por que razão o tipo de fundação e a respetiva armadura são definidos pelo projeto;
- reconhecer a função da compactação, das passagens técnicas, da ligação à terra e da colocação do betão;
- distinguir a impermeabilização, a barreira contra a humidade ascensional e a drenagem.

O projeto começa com os dados do terreno

Uma superfície plana pode ocultar aterros, argila, areia, rocha, água subterrânea ou camadas com diferentes capacidades de carga. Os dados geotécnicos ajudam o projetista de estruturas a escolher o tipo de fundação e a preparação do terreno. A casa do vizinho pode dar uma pista útil, mas a decisão deve basear-se nos dados do seu próprio terreno.

O topógrafo marca no terreno a implantação da casa prevista no projeto. A este processo chama-se implantação. Antes da escavação, confirme os eixos, as distâncias aos limites do terreno, a cota altimétrica e o local onde a terra pode ser depositada em segurança.

Algumas soluções de fundação comuns

Nas fundações contínuas, as paredes resistentes apoiam-se em sapatas de betão contínuas. Numa casa sem cave, o espaço entre as sapatas não costuma ficar vazio: é preparado e preenchido com material pétreo compactado, especificado no projeto, sobre o qual se executam uma laje de pavimento independente e as restantes camadas do pavimento. Numa laje de fundação, uma laje de betão armado de maiores dimensões distribui a carga por quase toda a área de implantação da casa. Existem também outras soluções, incluindo sapatas isoladas, vigas, estacas e combinações destas.

A expressão «laje morta» é muitas vezes usada informalmente para designar uma camada de betão não resistente ou sujeita a cargas reduzidas, no interior da fundação. O termo é impreciso; por isso, confirme sempre no desenho se se trata de uma laje de fundação resistente, de betão de limpeza ou de uma laje de pavimento. Dois elementos podem ser semelhantes à vista e ter funções completamente diferentes.

Não escolha uma solução com base apenas no preço do betão ou na quantidade de aço. A comparação deve incluir a escavação, a cofragem, a armadura, o betão, o isolamento térmico e a impermeabilização, as camadas do pavimento, o tempo de execução e os riscos associados ao terreno em causa.

Figura 24. Três formas distintas de transmitir as cargas da casa ao terreno



À esquerda, as paredes resistentes assentam em fundações contínuas e, entre elas, há material pétreo compactado que suporta uma laje de pavimento independente, também chamada informalmente «laje morta». Ao centro, uma laje de fundação resistente distribui as cargas por toda a área de implantação. À direita, os pilares transmitem as forças a sapatas isoladas, ligadas por vigas de fundação. A imagem mostra a diferença fundamental entre as soluções, mas não seleciona um sistema nem especifica dimensões ou armaduras.

Veneza: a cidade que a madeira ajuda a manter de pé sobre a água

Sob muitos edifícios históricos de Veneza encontram-se estacas de madeira cravadas no solo e peças de madeira dispostas horizontalmente nas fundações. À primeira vista, isto parece estranho: procuramos proteger a madeira da humidade e, no entanto, aqui ela faz parte das fundações, no meio de uma lagoa. [216]

O segredo está nas condições. Num solo permanentemente saturado de água, a escassez de oxigénio pode abrandar algumas formas de degradação biológica. Isso não transforma, porém, a madeira em pedra nem a torna eterna. Estudos do CNR italiano também detetaram uma degradação significativa das estacas de madeira, variável consoante o local. Nos casos estudados, a capacidade de carga do sistema pôde manter-se graças à ação conjunta da madeira e do solo compactado envolvente, apesar de a madeira estar enfraquecida. [216] [217]

Veneza ajuda-nos, por isso, a compreender por que razão não podemos analisar as fundações separadamente do solo e da água. A capacidade de carga depende da interação entre os três. Para uma casa nova, é mais útil compreender o terreno que temos do que adotar uma solução de fundação que funciona há séculos noutro local.

O que fica por baixo do betão

O fundo da escavação deve ser protegido contra o amolecimento e o trânsito desnecessário. O projeto pode prever a substituição de parte do solo e a execução de camadas de agregado pétreo. Estas camadas são colocadas com espessura controlada e compactadas com equipamento adequado. «Rã» é a alcunha usada em obra para a placa vibratória ou para um equipamento de compactação semelhante. O grau de compactação alcançado é verificado pelo método definido no projeto ou pela fiscalização geotécnica.

Figura 25. Placa vibratória, muitas vezes chamada «rã» em obra



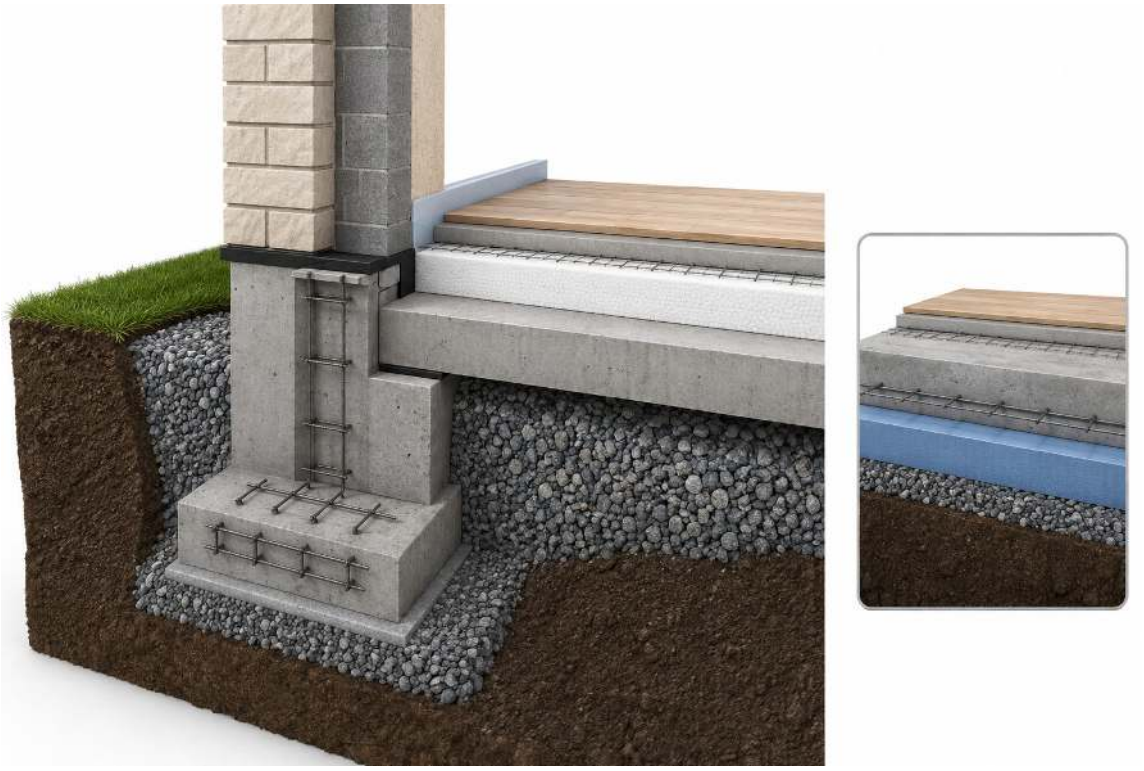
O motor aciona uma pesada placa inferior que, através da vibração, ajuda a compactar a camada de agregado pétreo. [73]

Por baixo da laje de pavimento ou da laje de fundação podem ficar uma camada de pedra compactada, betão de limpeza, isolamento térmico e membranas contra a humidade ou a entrada de gases provenientes do solo. A ordem destas camadas não é uma receita universal. O essencial é garantir a continuidade: uma membrana perfurada à volta de um tubo deixa de constituir uma barreira contínua. [56] [57]

O projeto pode também prever XPS de elevada resistência à compressão sob a laje de fundação. O XPS é poliestireno extrudido, um isolamento térmico rígido que resiste à humidade e a cargas de compressão superiores às suportadas por muitas placas de isolamento comuns. Esta solução tem de fazer parte de um sistema de fundação dimensionado. Não se compra simplesmente «esferovite dura» para a colocar por baixo das fundações sem projeto. [60]

Por cima da laje estrutural ou da laje de pavimento e por baixo da betonilha, existe normalmente uma camada de isolamento térmico ou acústico para o pavimento. Muitas vezes, é EPS adequado — poliestireno expandido, vulgarmente chamado esferovite —, mas o tipo e a resistência à compressão têm de estar declarados para essa aplicação. A betonilha não deve assentar sobre uma placa flexível de isolamento de fachada escolhida apenas por parecer semelhante. [61]

Figura 26. A fundação estrutural e o pavimento acabado não são uma única camada de betão



O corte principal mostra o solo, o agregado pétreo compactado, o betão de limpeza, uma sapata corrida, a barreira capilar sob a parede, uma laje de pavimento independente e o isolamento do pavimento por baixo da betonilha e do revestimento. No corte destacado apresenta-se uma possível variante de projeto, com XPS de elevada resistência à compressão sob a laje de fundação. A ordem e as características efetivas são determinadas pelos projetos de estruturas, de comportamento face à humidade e de isolamento térmico.

Como a armadura ajuda o betão a resistir à tração e a controlar a fissuração

O betão resiste bem aos esforços de compressão, enquanto a armadura de aço ajuda a suportar os esforços de tração e a controlar a fissuração. O diâmetro, o número de varões, o espaçamento, as emendas, as ancoragens e a posição são definidos pelo projeto de estruturas. Não existe um número seguro de «fiadas de ferro» que se possa recomendar sem conhecer as dimensões, as cargas e o solo. [190]

A malha Q é uma malha de varões de aço soldados em fábrica e dispostos em duas direções perpendiculares. A letra e o número da designação comercial identificam um tipo específico de malha, mas o significado da designação e as dimensões disponíveis devem ser confirmados na declaração de produto em vigor no mercado local. Por isso, a designação «malha Q» não basta para fazer uma encomenda nem substitui o desenho de armaduras. [69]

Num elemento mais fino ou simples, o projeto pode prever uma única malha; numa laje mais espessa ou sujeita a maiores exigências, pode prever armadura nas zonas inferior e superior. A decisão não depende apenas da espessura do betão. Influem nela os vãos, os

apoios, as cargas, as aberturas e a forma como a laje transmite os esforços. Quando estão previstas duas malhas, estas têm de se manter nos dois níveis definidos no projeto, com recurso a espaçadores, cavaletes e amarrações. Duas malhas que tombaram uma sobre a outra não constituem duas zonas de armadura eficazes. [190]

Figura 27. Malha Q e dois níveis de armadura definidos no projeto



À esquerda, uma malha de aço soldada, elevada em relação à cofragem por espaçadores. À direita, um corte esquemático mostra as malhas inferior e superior no interior de uma laje mais espessa. O tipo exato de malha, a posição, as emendas e o recobrimento devem ser sempre consultados no desenho de armaduras.

Antes da betonagem, deve verificar-se se a armadura não está assente diretamente no terreno, se respeita o recobrimento previsto no projeto, se as aberturas e passagens estão nas posições corretas e se tudo se mantém estável durante a colocação do betão. Depois da betonagem, é difícil corrigir estes erros. [190]

A drenagem, o abastecimento de água e as passagens para instalações elétricas planeiam-se antes da betonagem

A drenagem, o abastecimento de água, as condutas de proteção para cabos elétricos e outras instalações passam muitas vezes pelo interior ou por baixo da estrutura de fundação. Antes da betonagem, prepare um plano coordenado de todas as passagens necessárias, com a respetiva localização, diâmetro e cota, e compatibilize-o com os projetos de estruturas e de instalações. Uma conduta de proteção de reserva pode ser barata; furar posteriormente um elemento estrutural ou abrir uma nova escavação, não.

As tubagens de drenagem de grande diâmetro não são o mesmo que uma pequena tubagem de água para uma torneira ou um cabo elétrico. A tubagem de drenagem tem de ter o diâmetro e a inclinação contínua previstos no projeto, pelo que não é fácil deslocá-la alguns centímetros depois de o betão estar colocado. Por isso, a passagem por uma fundação, viga ou laje deve ser prevista em desenho, com uma manga de proteção adequada ou outro pormenor projetado, antes da betonagem. A tubagem não deve ser colocada ao acaso no meio da armadura nem reduzir a secção resistente sem a aprovação do projetista de estruturas. [49] [221]

Por vezes, as tubagens mais pequenas podem ser instaladas posteriormente na camada técnica ou numa roça pouco profunda na parede, mas isso não é motivo para adiar as passagens de maior dimensão. A regra a reter é simples: quanto maior e mais rígida for a tubagem e quanto mais depender da inclinação, mais cedo deve ser tomada a decisão.

Figura 28. As passagens de drenagem de grande dimensão definem-se antes da betonagem



À esquerda, uma tubagem de drenagem de grande diâmetro está colocada numa abertura prevista antecipadamente, antes da betonagem. À direita, a mesma decisão foi adiada até à conclusão da laje, altura em que o novo traçado exige a deteção de armaduras e instalações, a aprovação do projetista de estruturas e uma furação especializada ou uma escavação adicional. Em conjunto com a drenagem, as passagens necessárias e as mangas de proteção para o abastecimento de água e as instalações elétricas definem-se antes da betonagem. A imagem é esquemática; o diâmetro, a inclinação, a localização e a vedação são determinados pelos projetos de estruturas e de instalações.

O elétrodo de terra de fundação é um elemento metálico condutor incorporado no betão da fundação e ligado de modo a formar um circuito fechado, de acordo com o projeto eletrotécnico. Contribui para a proteção das pessoas e da instalação elétrica, ligando a casa à terra e ao sistema de equipotencialidade. Não é o mesmo que a parte visível do para-raios no telhado, embora o sistema exterior de proteção contra descargas atmosféricas possa utilizar o mesmo sistema de ligação à terra, desde que seja projetado para esse

efeito. [62]

A forma mais simples de perceber a importância disto é imaginar uma avaria num aparelho. Se um condutor danificado colocar uma tensão perigosa na carcaça metálica, o sistema de proteção deve proporcionar o percurso previsto à corrente de defeito e permitir que o dispositivo de proteção desligue rapidamente a alimentação. A equipotencialidade reduz a diferença de potencial perigosa entre peças metálicas que uma pessoa possa tocar simultaneamente. A eficácia da proteção é confirmada pela execução prevista no projeto e pelas medições elétricas exigidas. Sem estas, subsiste o risco de choque elétrico mortal, sobreaquecimento ou incêndio. [62]

Em fundações separadas do terreno por isolamento térmico ou por outra camada de elevada resistividade elétrica, pode ser necessário instalar no solo, fora do betão, um elétrodo de terra em anel resistente à corrosão, bem como um condutor adicional de equipotencialidade na estrutura. Por isso, a recomendação «deixe sempre quatro derivações e prolongue duas delas dez metros» não é uma regra geral segura. O número e a localização das derivações, os materiais, as ligações e a relação com o sistema de proteção contra descargas atmosféricas são definidos pelo projetista eletrotécnico habilitado, tendo em conta a estrutura e as regras locais. [62]

Ainda assim, há um princípio comum: o sistema deve ser projetado, ligado, inspecionado, ensaiado e fotografado antes da betonagem. Acrescentar posteriormente um condutor fechado a uma fundação já concluída é difícil e dispendioso.

Figura 29. O elétrodo de terra de fundação e o elétrodo de terra em anel dependem do tipo de fundação



A imagem principal mostra um condutor metálico fechado, ligado à armadura de fundações contínuas, e vários pontos de ligação previstos. O corte destacado mostra um condutor em anel no solo, por baixo de uma laje de fundação separada termicamente do terreno. A imagem ilustra duas possibilidades básicas, mas não especifica o material, o número de derivações, os espaçamentos nem as ligações.

Colocação do betão fresco

O betão fresco deve ser transportado, colocado, compactado e curado de acordo com o projeto da mistura e as condições de trabalho. A compactação ajuda a mistura fresca a preencher a cofragem, a envolver a armadura e a expulsar as grandes bolsas de ar que nela ficam acidentalmente retidas. Sem uma compactação adequada, podem formar-se ninhos de pedras e vazios alveolares, diminuir a resistência e aumentar a permeabilidade. [65] [66]

A ferramenta mais comum é o vibrador de imersão: a unidade motriz aciona, através de uma mangueira flexível, uma cabeça cilíndrica vibratória, que é introduzida de forma controlada no betão fresco. As vibrações rápidas reduzem temporariamente a fricção entre as partículas dos agregados. A mistura assenta então mais facilmente sob a ação da gravidade, preenche os cantos e os espaços entre os varões, e as grandes bolhas de ar retidas sobem à superfície. [67] [68]

O vibrador externo transmite vibrações através da cofragem quando a cabeça de imersão não consegue alcançar com segurança ou eficácia uma parte do elemento. A régua vibratória atua à superfície e ajuda simultaneamente a compactar e a nivelar as lajes adequadas. Estes não são três nomes permutáveis para a mesma ferramenta. O método, a dimensão da cabeça, o espaçamento e a duração da imersão dependem da mistura, da geometria do elemento, da densidade da armadura e do plano de betonagem. [67]

O vibrador não é uma pá para empurrar um monte de betão até à outra extremidade da cofragem. Essa utilização pode separar os constituintes e deixar um elemento não uniforme. Mas vibrar durante mais tempo não é, por si só, melhor. Numa mistura sensível ou mal doseada, a vibração excessiva pode provocar segregação, isto é, a separação dos constituintes: as pedras maiores depositam-se no fundo, enquanto as partículas mais finas, a pasta de cimento e parte da água se acumulam à superfície. Assim, a secção deixa de ser uniforme. Não se trata literalmente de separar o cimento seco do betão, e um betão corrente bem doseado e com consistência adequada não se segrega facilmente por uma compactação um pouco mais prolongada. [192] [193]

A vibração pode ser interrompida num determinado ponto quando a mistura assenta, deixam de sair grandes bolhas de ar aprisionado e a superfície fica uniformemente húmida. Vibrar pouco pode deixar grandes vazios, pelo que não se deve poupar saltando pontos. Não há uma duração que sirva para todas as misturas e todos os elementos; o empreiteiro ajusta o procedimento ao betão, à cofragem e à armadura. O betão autocompactável é concebido para preencher a cofragem com pouca ou nenhuma vibração adicional, pelo que devem ser seguidas instruções específicas. [66] [193]

Figura 30. O vibrador ajuda o betão fresco a preencher a cofragem e a libertar o ar aprisionado em grandes bolsas



À esquerda, vê-se uma agulha vibratória introduzida verticalmente no betão fresco, com um pequeno rasto de bolhas a subir até à superfície. O corte à direita mostra, deliberadamente, vazios do tipo «ninho de pedras», consequência de um enchimento e de uma compactação deficientes. A ilustração explica o princípio; o local, a profundidade e a duração da introdução são definidos em função da conceção do betão, da geometria do elemento e das instruções do empreiteiro responsável.

Depois de aplicado, o betão deve ser protegido contra a perda demasiado rápida de água, as temperaturas extremas e a aplicação prematura de cargas. O facto de a superfície parecer dura não significa que o elemento tenha atingido as propriedades previstas no projeto. [68]

Três funções distintas na proteção contra a água

A impermeabilização consiste numa camada contínua que impede a passagem da água através da construção. A membrana betuminosa, frequentemente chamada tela asfáltica, é apenas uma família de produtos; existem também membranas e revestimentos minerais e poliméricos destinados a diferentes suportes e níveis de exposição.

O que se entende por tela asfáltica em obra

A designação tela asfáltica tem origem nas antigas telas flexíveis, constituídas por um suporte fibroso impregnado de alcatrão ou betume. Os produtos atuais são, na sua maioria, membranas betuminosas fabricadas industrialmente, com uma armadura e diferentes acabamentos de superfície. Atualmente, o betume é obtido sobretudo através da refinação do petróleo, mas isso não significa que todos os rolos pretos sejam iguais. [63] [71] [72]

E antes da tela asfáltica, como se mantinha a água afastada?

Talvez se pergunte agora como se construía antes das telas betuminosas fabricadas industrialmente. A resposta não é uma «tela» desaparecida dos tempos das antigas catedrais. As catedrais medievais e outros edifícios tradicionais de alvenaria, em regra, não tinham a atual barreira horizontal contra a humidade ascendente — uma camada que atravessa toda a espessura da parede. As paredes espessas de pedra e a argamassa de cal — um ligante feito de cal, areia e água — podiam absorver parte da humidade e libertá-la gradualmente por evaporação. Por isso, a cobertura, os algerozes, a drenagem junto à parede e as juntas de cal permeáveis ao vapor faziam parte integrante da proteção contra a água; não eram um mero acabamento. [72] [121]

Na construção histórica, o metal desempenhou um papel importante, sobretudo sob a forma de revestimentos de chumbo, rufos ou proteções metálicas nos pontos em que a cobertura e a parede encaminham a água da chuva. Ainda assim, não se deve concluir que havia uma folha metálica sob todas as paredes das antigas catedrais. Uma afirmação desse tipo exige uma planta ou um achado confirmado relativo ao edifício em causa. As barreiras horizontais contra a humidade nas paredes só começaram a ser instaladas de forma mais sistemática na segunda metade do século 19. Consoante o edifício e a região, eram feitas de chapa de chumbo, ardósia, tijolo denso ou uma camada betuminosa. [72]

É um passo pequeno, mas importante, na história da construção. Antes dos sistemas modernos de membranas, o construtor procurava, acima de tudo, manter a água afastada da parede: elevava o embasamento acima do terreno envolvente, prolongava a cobertura para além da fachada e encaminhava a água para longe das fundações através dos algerozes. A argamassa e o reboco de cal não formavam uma barreira impermeável; permitiam que a parede secasse depois da chuva. Quando se começou a instalar uma barreira horizontal, a chapa de chumbo foi um dos materiais duradouros que podiam ser colocados numa junta de assentamento — a junta horizontal entre duas fiadas de alvenaria — para interromper a subida da humidade. Também se usavam ardósia e outros materiais mais densos e, mais tarde, produtos betuminosos. [72] [121]

Imagine uma fina tira cinzenta de chumbo escondida na parede: quase não se vê, mas interrompe o percurso que a água seguiria pelos poros até às fiadas superiores de tijolo ou pedra. É o mesmo princípio construtivo da barreira atual, mas não se trata do mesmo produto, nem se deve presumir que existe em todos os edifícios antigos. Muitas igrejas históricas, sobretudo as anteriores ao século 20, nem sequer têm uma barreira horizontal contra a humidade; por isso, os problemas de humidade devem ser compreendidos considerando o sistema completo da cobertura, do terreno, da drenagem e das juntas das paredes. [72]

Isto revela uma mudança de abordagem. Em geral, a parede antiga procurava acolher em segurança uma pequena quantidade de humidade e libertá-la; a parede moderna é concebida para intercetar a água numa determinada camada e encaminhá-la para longe. A membrana betuminosa da imagem seguinte corresponde a esta segunda lógica: não é uma faixa preta decorativa, mas parte de um percurso contínuo que interrompe a subida capilar da água antes da primeira fiada de alvenaria.

Uma membrana pode ser especificada como barreira contra a humidade ascendente sob a primeira fiada de alvenaria; outra, para a impermeabilização horizontal do pavimento; e uma

terceira, para uma parede exterior enterrada ou para uma cobertura. Os produtos diferem quanto à armadura, à espessura, à flexibilidade, ao método de colagem, à resistência e às condições de exposição admissíveis. Sob o isolamento do pavimento ou a betonilha, a membrana pode integrar uma solução construtiva projetada, mas a sua posição depende da água, do vapor, do suporte e da ligação à impermeabilização da parede. [63] [64] [94]

Quando a ficha técnica da membrana betuminosa selecionada o exigir, deve aplicar-se primeiro um primário betuminoso compatível sobre a superfície limpa e firme. Em obra, poderá ouvir os nomes comerciais ou regionais Resitol e Bitulit. O primário penetra na superfície, aglutina o pó residual e melhora a aderência da membrana ao betão, à parede ou à argamassa de cimento. Não constitui, por si só, uma camada de impermeabilização. Por exemplo, a ficha técnica do Resitol exige que o primário seque completamente antes da aplicação das camadas seguintes e alerta para o risco de inflamabilidade do produto com solvente. [70]

Não aplique qualquer revestimento preto sob um rolo preto, sem mais. As membranas autoadesivas, soldadas e fixadas mecanicamente podem exigir preparações diferentes. O suporte, o primário, a membrana, o tempo de secagem e o método de colagem têm de fazer parte de um sistema compatível, de acordo com as instruções técnicas e de segurança em vigor. [63] [70]

Sob uma viga de madeira assente num apoio de alvenaria ou de betão, também poderá ser necessária uma camada que interrompa a passagem da humidade. No entanto, não presuma que qualquer rolo de tela asfáltica é adequado. O projeto tem de resolver as questões da humidade, da fixação da madeira e da continuidade das restantes camadas.