

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO
BETÃO

G33

Arnaud Vale
Inês Carvalho
Joana Campelo
Stephanie Amaral
Virgínia Cardoso

C2LAB

Laboratório de Construção da Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto
Prof. Nuno Lacerda Lopes
c2faup@gmail.com

ABSTRACT

Com este trabalho pretendemos fazer uma abordagem superficial a um dos mais utilizados materiais de construção na actualidade. Para tal, com a orientação dos professores, através de um processo de pesquisa, de informação que se entende como útil para a disciplina de construção e posterior prática profissional estudamos o zinco.

Para perceber a influência que o betão teve, e tem, na arquitectura, é necessário fazer uma retrospectiva na sua utilização, com o objectivo de perceber a sua evolução e a criação das diversas técnicas que impulsionaram a sua aplicação. Desta forma, e seguindo um princípio cronológico, tentou-se estabelecer uma continuidade, embora nem sempre possível, dos diversos factores que levaram ao seu desenvolvimento, seja este a nível de aperfeiçoamento do material ou de sistemas de utilização. Mais do que a evolução tecnológica da indústria, foram diversos autores, engenheiros ou arquitectos, que definiram passos decisivos para que o betão se apresente nos nossos dias como um dos principais materiais de construção em contexto mundial. A caracterização do material torna-se neste sentido, um dos aspectos mais relevantes para a manipulação do mesmo, de forma segura e convicta, prevenindo assim as indesejáveis patologias. A constante manipulação das características do material surge como resposta a deficiências e limitações

precedentes, mas também como resposta a novas exigências, funcionais e estéticas.

O betão conduziu a significativos progressos na evolução da arquitectura, no entanto, a corrente má aplicação do mesmo, conduziu em grande parte a construções de fraca qualidade, facto derivado de questões económicas mas também de más práticas construtivas e desconhecimento das suas propriedades. Actualmente, a indústria oferece-nos betões com uma infinidade de variantes que se adaptam a qualquer tipo de utilização, daí que seja fundamental para o arquitecto conhecer as suas características para o empregar devidamente.

A aplicação do material está intimamente relacionada com as suas capacidades de garantia de conforto, resistência, métodos construtivos e expressividade.

Pretendemos abordar ainda um arquitecto, Siza Vieira, que para a imagem que normalmente quer dar dos seus edifícios, com formas simples, linhas geométricas e linguagem adequada às circunstâncias, o betão foi a sua primeira escolha na obra que estudamos, a Fundação Iberê-Camargo, Como forma de representar a obra, além de cortes e plantas, apresentamos um pormenor em 2D e 3D, para perceber de uma forma concreta como utilizar o material em estudo.

Por último, numa maior aproximação à prática profissional encontram-se os catálogos relativos ao material, ou seja, as marcas e respectivos contactos e produtos.



01

Enquadramento Histórico, Origem e Cronologia

Várias são as designações para o que hoje se conhece por betão, palavra que tem a sua origem no latim *bitumen* que significa betume, mas em português do Brasil betão é designado por concreto, o mesmo em inglês *concrete*, no latim *concretus* que significa composto.

Não é possível indicar a data precisa do surgimento do betão, mas, consegue-se identificar aplicações deste, ainda que num estado muito primitivo. Na aldeia de "Lepenski Vir", na actual Jugoslávia, encontra-se o mais antigo betão alguma vez conhecido.

Datado do sexto ou sétimo milénio antes de Cristo, foi aplicado no pavimento do santuário e nas cabanas dos aldeões. A cisterna da cidade antiga de Camiros na ilha de Rodas, por sua vez, apresenta um betão de qualidade muito semelhante aos actuais betões de cimento Portland. Datada de 1000 a.C., pensa-se que na sua composição já se utilizaram cinzas vulcânicas, garantindo-lhe maior qualidade.

Foram vários os povos que utilizaram o betão, desde fenícios, egípcios, gregos, etruscos, etc. cada um com a sua forma particular de o produzir, mas foram os romanos que fizeram um uso mais intensivo deste material. Não fosse o primeiro comentário conhecido sobre o betão do arquitecto romano Gaius Franciscus.

Os romanos utilizavam na preparação das argamassas as pozolanas, cinzas vulcânicas obtidas numa cidade pequena

perto do Monte Vesúvio, o resultado era um cimento que endurecia em contacto com a água.

Este povo, bem conhecedor das capacidades do betão, explorou-o em diversas obras, (casas, templos, pontes, edifícios públicos, etc.) atingindo um alto nível de qualidade construtiva e a prova é que muitos destes edifícios duram até aos dias de hoje. São disso exemplo edifícios como o Pequeno Teatro de Pompeia de 75 a.C., o Panteão de Roma de 127 d.C. (com uma cúpula de 50 metros de diâmetro), o aqueduto da Pont du Gard em Nîmes realizado em 150 d.C. (no qual foi utilizado betão no canal de água e no interior do forro das cantarias), e várias pontes espalhadas por todo o seu antigo império, como é o caso, em Portugal, da Ponte de Vila Formosa na N369 e da ponte de Trajano, sobre o Rio Tâmega, em Chaves.

Há registos de que os Romanos fizeram tentativas para armarem o betão com cabos de bronze, experiências não bem sucedidas devido aos diferentes coeficientes de dilatação térmica do bronze e do betão.

Posteriormente e até ao século XVIII o betão tem uma utilização reduzida, quase exclusivamente limitada às fundações e ao interior de paredes de alvenaria.

É com o desenvolvimento da produção e estudo das propriedades do cimento (Smeaton em 1758, James Parker em 1776, Louis Vicat em 1818) que culminou com a aprovação da patente do cimento Portland (nome dado por a cor do cimentos ser parecida com a da rocha Portland) apresentada por Joseph Aspdin em Leeds em 1824 que se vai dar o grande desenvolvimento na aplicação do betão nas construções. Em 1885 concebem-se os fornos rotativos (Frederick Ransome) que permitiriam baixar substancialmente o preço do cimento.

Em Portugal a Industria do cimento inicia-se em 1894 com a fábrica de cimento Tejo em Alhandra.

O betão continuou, a apresentar um deficiente desempenho quando nele eram aplicadas forças de tracção. Como forma

7000-6000 a.C. Lepenski Vir

1200 a.C. Fenícios aplicavam uma rocha vulcânica como ligante hidráulico

1000 a.C. Cisterna da cidade antiga de Camiros apresenta um betão com qualidades muito semelhantes às do cimento Portland

75 a.C. Pequeno Teatro em Pompéia

127 d.C. Panteão de Roma (1)

150 d.C. Aqueduto da Punt du Gard, Nîmes (2); ponte de Trajano, Chaves (3)

...

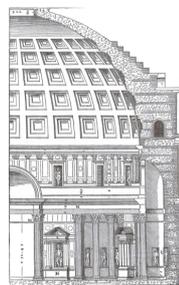
1758 John Smeaton Faz testes científicos de misturas de hidráulico para usar no farol Eddystone (3)

1796 James Parker patenteia um cimento hidráulico natural

1824 Joseph Aspdin patenteia o que se denomina por cimento Portland

1850 Jean-Louis Lambot foi o primeiro a usar o betão armado em barcos (4)

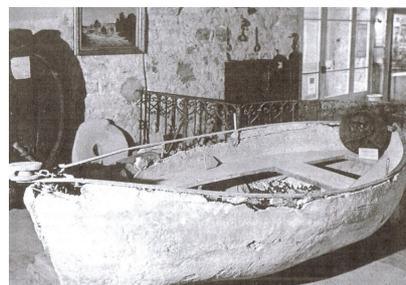
1



2



3



de solucionar tal problema as investigações começaram a orientar-se para o seu reforço com armaduras metálicas. O sistema de betão armado, como hoje é designado, aparece descrito desde as primeiras décadas do século XIX, apesar de não ter um nome definido. Aparecem vários estudos nesta época que reforçam as argamassas com correntes, varões e redes metálicas, enunciando preliminarmente o sistema de betão armado. A criação do sistema de betão armado é atribuído a Louis Lombot, com a construção de uma barca. Foram vários os autores que nesta altura desenvolveram e apresentaram sistemas semelhantes, entre os quais se destacaram William Wilkinson, Joseph Tall, William Lascelles, Philip Brannon, Charles Drake, William Ward, Robert Mook, Thadeus Hyatt, Ernest Ransome e Joseph Monier. Este último, jardineiro do pomar de Versailles, com um sistema semelhante ao de Lombot, construiu uma série de caixas de viveiro em argamassa, nas quais embebia uma rede metálica que lhes dava consistência. O sistema nelas aplicado foi patenteado em 1867. A Monier foram ainda concedidas uma série de patentes posteriores que se apresentaram de maior importância pela aplicação na construção.

O inglês William Boutland Wilkinson foi um dos pioneiros da introdução do betão armado na arquitectura ao construir a primeira laje de piso de betão reforçado com cordas de arame em 1852, obtendo a sua patente em 1854.

Apesar deste desenvolvimento, quem mais partido tirou da construção em betão, criando um sistema facilmente adaptável à construção moderna, foi François Hennebique. O Sistema Hennebique datado de 1892 vem a ser aplicado em numerosos países (em 1910 a empresa Hennebique, com sede em Paris, tem já 40 000 obras realizadas de edifícios, pontes, reservatórios e navios em betão armado, espalhadas pelo mundo). O seu sistema estrutural é caracterizado pela introdução de estribos nas vigas, ligando os varões traccionados à zona de betão comprimido. Os estribos eram constituídos por chapas de aço de secção rectangular dobradas em forma de U.

Desta forma, no final do século XIX, existiam principalmente duas vertentes construtivas de betão armado: a laje maciça,

da qual a patente de Monier era a principal representante, e o sistema de travamento de Hennebique

O betão armado como sistema construtivo começou com o contributo de vários autores que partiram na busca do desenvolvimento das potencialidades que o material oferecia. Iniciou-se numa fase de experimentação com regras e técnicas empíricas, culminando em princípios coerentes, teóricos e práticos, com cálculos que originariam a elaboração das instruções francesas de 1906, oito anos depois de Rabut ministrar na “École Nationale des Ponts et Chaussées” em Paris o primeiro curso, no mundo, de betão armado.

Existiram vários factores que impulsionaram o sistema construtivo do betão armado, como por exemplo o desenvolvimento da indústria cimenteira, a evolução dos sistemas construtivos, as publicações técnicas e de divulgação (publicidade, publicação de manuais e códigos importantes para a regulamentação), que proporcionaram um uso do betão de uma forma corrente, o que gerou uma nova cultura, quer a nível construtivo, quer mesmo a nível de linguagem arquitectónica. Apesar da progressiva evolução como sistema, o betão armado deparou-se, numa fase inicial, com a grande dificuldade de não ter uma imagem associada ao seu uso, consequência da falta de história. Tendo como principais vantagens o baixo custo de construção, os grandes vãos que proporciona e a resistência ao fogo, as suas primeiras aplicações eram em edifícios industriais, no entanto, até nestes o betão não era assumido arquitectonicamente, pois a sua aplicação era apenas em elementos estruturais, continuando as fachadas a ser construídas em alvenaria e com linguagem típica da época.

O betão, paralelamente às suas mais correntes aplicações, estrutural e decorativa revivalista, começou a construir nas primeiras décadas do século XX uma história própria, para a qual contribuíram muitos autores na busca de uma revolução na arquitectura através da exploração das potencialidades do “novo” material.

1854 William B. Wilkinson patenteia as lajes em betão armado (6)

1867 Joseph Monier patenteia vasos e tubagens em betão armado (7)

1873 Joseph Monier patenteia as pontes em betão armado

1875 Primeira ponte em betão armado, Joseph Monier (8)

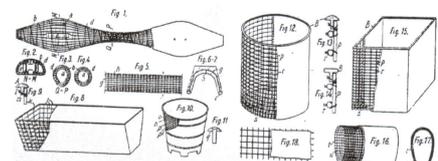
1884 Ernest L. Ransom patenteia um sistema de reforço usando varões torcidos

1892 François Hennebique patenteia o Sistema Hennebique (9)

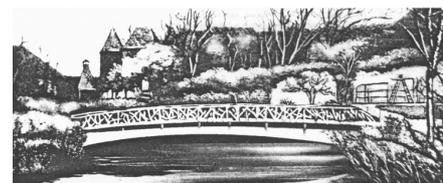
1898 Primeiro curso de betão armado leccionado por Rabut na *École Nationale des Ponts et Chaussées* 6



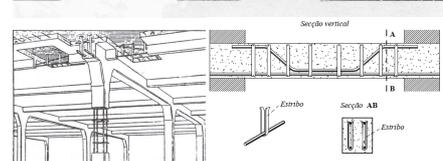
7



8



9



02

Cultura e Contexto

Seguindo o desenvolvimento do tema anterior chegamos ao século XX com todas as suas conquistas ao nível do betão. Os arquitectos neste século utilizaram este “novo” material de formas muito diversas, variavam a textura, a cor, quase que esculpiram o betão, desafiavam as suas capacidades, a certa altura quase que se podia afirmar que estávamos perante uma cultura do betão. É este conceito que se pretende desenvolver neste tema, os principais impulsionadores, respectivas obras e inovações introduzidas ao nível deste material.

Começamos por Frank Lloyd Wright com a igreja salão Unity Temple (1904-07) (10) que foi a sua primeira obra em betão mas, curiosamente, além de explorar as potencialidades estruturais do betão armado, ao usar uma cobertura plana na qual foram abertas clarabóias, aplicou já um tratamento exterior com agregado à vista.

Auguste Perret foi igualmente um grande impulsionador da aplicação de betão armado na arquitectura, desenvolvendo uma estética própria baseada neste material. O edifício habitacional no número 25 da rua Franklin em Paris (1903) (11) é umas das primeiras obras do autor onde se utiliza uma estrutura de betão armado. A partir de então, Perret vai tirar partido da expressividade que pode alcançar a estrutura e o betão aparente. A “Garage Ponthieu” (1905) em Paris é um dos exemplos dessa busca, apresentava uma fachada rigorosamente geométrica, com a exposição de estrutura de betão e sem qualquer tipo de decoração.

Le Corbusier elaborou, entre 1914 e 1917, o sistema Domino (12), que sintetizou uma série de ideais relacionadas com a estética, engenharia, economia e arquitectura. Este definiu-se como um sistema construtivo constituído por lajes planas, pilares e fundações em betão armado que propôs uma ordem racional entre os seus elementos e a sua construção. Apesar da tecnologia empregue ser já usual na época, tornou-se um símbolo pela capacidade de dotar os edifícios que o empregam de atributos formais modernos concretos (pisos em consola, espaços livres de paredes estruturais, pilotis, etc.), e abstractos (economia de meios, rapidez, rigor da construção e universalidade). Corbusier quando em 1923, afirmou que “a casa é uma máquina de habitar” proclamou, quer uma nova forma de entender a arquitectura e uma nova linguagem, como também o respeito e admiração pela engenharia e pelo uso das novas tecnologias na construção moderna.

O betão armado, material crucial neste desenvolvimento do Movimento Moderno surgiu aliado à industrialização, foi permitindo a substituição dos materiais tradicionais e a busca de novas formas das edificações com uma linguagem moderna que se pretendia mais ajustada às novas necessidades sociais. Da óptica da engenharia, o primeiro quartel do século foi marcado pelos grandes feitos alcançados por Robert Maillart e Eugène Freyssinet. O engenheiro suíço, teve o seu auge na construção de pontes (13), logo em 1905 na ponte sobre o Rin em Tavanasa, Maillart conseguiu a sua característica forma para pontes: “um arco triarticulado de secção oca, com aberturas triangulares recortadas nos lados para reduzir o peso desnecessário e para conferir um carácter

ligeiro e expressivo à forma global. Eugène Freyssinet teve nesta época um papel importante com os estudos desenvolvidos desde 1911 sobre o fenómeno da reologia dos betões, o desenvolvimento do sistema de vibração mecânica para compactação do betão em 1917 e, sobretudo, os estudos sobre o pré-esforço, em que o esforço inicial faz com que os elementos de tensão suportem cargas muito maiores e contrariem a lenta deformação do betão. O resultado foi a possibilidade de vencer grandes vãos que até então apenas eram conseguidos estrutura metálica. Executou uma série de grandes estruturas de carácter utilitário das quais os Hangares de Orly (1921) (13) são os mais conhecidos. A principal característica das estruturas de Freyssinet residia no facto da solução para resolver grandes vãos não depender da dimensão dos elementos, mas sim da sua forma. O betão armado, isento de precedentes históricos, implicou uma nova abordagem por parte dos arquitectos. Considerou-se que todo o edifício moderno tinha a necessidade de ser original, exprimindo as motivações do artista e as características da época. Foi neste cenário que Erich Mendelsohn projectou a torre Einstein (1917-21) (15) em Potsda. Esta obra foi defendida por Hilberseimer como uma das primeiras tentativas nas quais a construção e o material tentam condicionar a forma.

O betão armado enquanto sistema construtivo começou a ser aplicado a partir de então de forma consciente aproveitando as suas possibilidades plásticas e construtivas, derivadas da sua maleabilidade. A nova versão do Goetheanum em Dornach (1925-28), monolítico de betão de Rudolf Steiner, é um bom exemplo do expressionismo construtivista do betão armado, expondo a potencialidade plástica do material. Esta obra foi a confirmação da conquista definitiva do betão de um papel na história da arquitectura e engenharia, quer a nível das suas capacidades estruturais, quer das suas capacidades plásticas.

A exploração das patentes de Monier gerou também a criação de estruturas muito finas em betão e aço que conseguiam, através da sua forma, vencer grandes vãos – as cascas. É exemplo deste tipo de construção o Planetário Zeiss em Jena, Alemanha (1922), uma cúpula semi-esférica com 6cm de espessura, suportada por uma armadura de aço. Este tipo de construção não necessitava de muita matéria-prima, mas essa economia estava contrabalançada com a quantidade de meios auxiliares que eram necessários para sua execução. A partir da década de 30, engenheiros como Eduardo Torroja, Robert Maillart e Félix Candela (arquitecto de formação) desenvolveram esta técnica. Consistiam em estruturas com uma forma que normalmente resultava de um cálculo estrutural pormenorizado, mas que permitia alguma liberdade formal e conseguia vencer grandes vãos com o mínimo de material. O mercado de Algeciras (1933), as coberturas do hipódromo de Zarzuela e as cascas cilíndricas do Frontón Recoletos em Madrid (1935) de Eduardo Torroja, a estrutura parabólica do pavilhão do cimento, na exposição Nacional Suíça O arquitecto italiano Pier Luigi Nervi destacou-se também, nesta época, pelo desenvolvimento técnico alcançado com as suas construções modulares pré-fabricadas de extrema leveza. As suas estruturas apresentavam-se como esqueletos esbeltos formados com peças independentes, mas que cuidadosamente encaixadas e orientadas funcionavam como um todo. Além de desenvolver as formas estruturais, desenvolveu um “material” que apelidou de “ferro-cimento” que consistia em betão denso reforçado com malha de aço

uniformemente distribuída, proporcionando, maior resistência e conseqüente redução de secção das peças. Com este material construiu uma série de edifícios, entre os quais se destacam o Centro de Exposições de Turim (1948-49) com um vão de 95,1m e o Palacete de Desportos de Roma (1960) (17).

A destruição que a Europa apresentou no final da 2ª Guerra Mundial impulsionou o que até então era defendido pelos precursores do Movimento Moderno: a necessidade de uma reconstrução rápida e barata, levou a que os novos materiais fossem bem aceites, sendo-lhes possibilitada a sua afirmação, facto que se reflecte na quantidade de construções em betão armado sem qualquer tipo de acabamento. Surgiram, assim, novas preocupações relacionadas com o aspecto que o betão aparente apresenta, principalmente no que diz respeito à sua expressividade.

A partir dos anos 50, Oscar Niemeyer (18) e Kenzo Tange, no Brasil e Japão respectivamente, tentaram tirar partido da liberdade formal que o betão oferecia, explorando as suas capacidades escultóricas. O mesmo aconteceu com Le Corbusier e Llouis Kahn que exploraram a nível formal e expressivo o potencial do betão à vista. Corbusier aproveitou a adaptabilidade do material para explorar as superfícies texturadas e irregulares que o betão proporcionava, pelo contrário, Louis Kahn procurou a suavidade do betão sem textura através de superfícies lisas.

A pré-fabricação de elementos de betão, com elevado crescimento nos anos 60, levou a que as experiências anteriores fossem de certa forma interrompidas a favor da técnica construtiva. Foi adoptado um princípio racional que gerou uma monotonia de construção, baseada na estandardização, que nada contribuía nem para a fantasia e expressão do betão, nem mesmo para a própria arquitectura. Na década seguinte, o impacto que a prefabricação gerou foi atenuada pela crise petrolífera.

Foi assim interrompida a monotonia da construção voltando-se ao trabalho de relevos, texturas e cor do betão, verificando-se, inclusive, uma reinterpretação da própria cultura como aconteceu, por exemplo, no Japão onde se utilizou o betão de forma simples através de composições minimalistas.

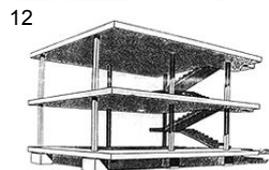
Nos anos 90 houve um retorno à austeridade da construção, procurando-se a simplicidade volumétrica, a verdadeira expressão dos materiais e a exploração de novas texturas e cores. O betão foi desenvolvido com o objectivo de se tornar um material de expressão diversificada, não estando limitado à cor, estereotomia ou textura. Surgiram betões com grande diversidade de composição, novos tipos de cofragem e novas formas de tratamento, quer em fase de produção (agregados, pigmentos, etc.) como também em fase de construção (procedimentos manuais ou mecânicos) não prejudicando contudo o seu desempenho.

Exemplos como o museu de arte de Lichtenstein em Vaduz, de Morger, Degelo e Kerez (1998-2000) com a sua superfície polida, o brutalismo do Concert Stadium em Vitrolles de Rudy Ricciott (1994) com o seu betão pigmentado de preto, a biblioteca da universidade de Eberswalde de Herzog y de Meuron (1994-99) com o seu betão serigrafado, a biblioteca universitária em Utrecht de Wiel Arets (2004) com as suas placagens com baixos relevos, entre outros, são exemplos das capacidades expressivas e ilimitadas possibilidades do betão aparente.

Por outro lado, as capacidades estruturais foram também o ponto chave para o desenvolvimento de algumas obras em

que os autores, além de construtores, querem ser escultores, fazendo da estrutura não uma razão, mas sim uma serva da forma. O viaduto de Millau, de Foster (2004), com 343 metros de altura, a estação ferroviária de Shawnessy do grupo CPV (2004), com cascas de 2cm de espessura, ambos executados em betão de alta resistência, são exemplos onde a técnica inovadora mostra as multiplicidades de forma e de liberdade construtiva. Santiago Calatrava, por exemplo, consegue nas suas obras conjugar perfeitamente a tecnologia construtiva com a expressão cultural e artística.

Utilizando o desenho, são criadas analogias a pássaros em voo, touros e principalmente ao corpo humano conseguindo, assim, uma arquitectura expressiva e dinâmica que, conjugando o betão e o aço, consegue estruturas como a ponte de Alamillo (1987-92) (18), o Museu de Arte de Milwaukee (2001) (19) ou o auditório em Santa Cruz de Tenerife (2003), onde está demonstrado o espírito experimental do autor combinado com um entusiasmo autêntico e um sólido realismo, suscitando o interesse por uma arquitectura que se baseia na escultura.



03

Modos de Aplicação

“...betão é um material da construção civil que se obtém misturando intimamente uma argamassa (por sua vez mistura de cimento, areia e água) com materiais inertes britados ou rolados, de certas dimensões, em geral entre 5 e 50 centímetros e eventualmente adjuvantes. A mistura começa por apresentar um estado líquido e pastoso e rapidamente se torna, na aparência e comportamento visível, num sólido (na realidade um pseudo-sólido), já que como se alterou as suas propriedades no decurso do tempo.” [1]

Como descrito na situação, o betão é um material composto com alguma complexidade e o seu resultado final deriva de uma reacção química entre os seus componentes, que afectam directamente a sua resistência dependendo da sua quantidade e qualidade.

Existem dois tipos de betão: simples e armado. O betão simples corresponde, resumidamente a descrição acima, e o armado segue os mesmos princípios, aliado, porém, a uma estrutura metálica que lhe confere maior resistência. Um dos aspectos fundamentais do betão é a sua adaptabilidade, podendo moldar-se com qualquer forma e adequar-se a qualquer tipo de condições, desde climáticas a técnicas. O betão pode ter duas origens: tratando-se de elementos relativamente pequenos, a mistura pode ser realizada em obra, porém, para elementos maiores a mistura é feita em centrais de betão e transportada em camiões betoneira, onde se observa uma mistura mais uniforme. O resultado final, para além de depender da sua composição, depende também de todo o processo, desde a mistura e os seus componentes, ao processo de cofragem e cura.

Cofragem:

Em fase de fabrico e utilização, o betão encontra-se em estado líquido, pelo que necessita de um molde que o contenha no seu interior até este solidificar, fazendo com que adquira as características do molde, em termos de forma e textura. A este molde dá-se o nome de cofragem. A cofragem tem de ser capaz de suportar a pressão exercida pelo fluido, sem sofrer deformações e proteger o betão de agressões atmosféricas durante a cura. Podem ser executadas em diversos materiais, dependendo da forma, dimensão e textura pretendidos, da possibilidade da repetição da sua utilização, do tipo de betão e das condições técnicas disponíveis. Os materiais mais usados são a madeira e o metal. A cofragem de madeira é feita, normalmente, com tábuas apoiadas numa estrutura consistente para não haver deformações, sendo necessário, porém, um tratamento adicional, de forma a não levar a patologias, devido à existência de juntas pelas quais irá sair a “leitada” que deveria ficar a superfície, reduzindo a qualidade do betão de recobrimento. Também existe a cofragem em contraplacado que pela sua dimensão e peso permitem uma maior versatilidade e várias utilizações. O metal, sendo mais rígido assegura um melhor comportamento das cofragens em relação a pressão exercida pelo fluido assim como possibilita a criação de peças mais orgânicas com

maior perfeição e podem também ser reutilizadas. Porém correm o risco de oxidar, o que pode trazer problemas como o excesso de atrito entre a cofragem e a peça podendo provocar destacamentos superficiais do betão como também a sua contaminação, que no caso do betão branco se torna particularmente difícil de apagar, pelo que é necessário um maior cuidado na sua utilização e manutenção. Este problema pode ser contornado com a utilização de um material não óxido, como o caso do aço inoxidável. Existem outros materiais de cofragem como: aço, cartão plastificado, plástico, PVC, fibra de vidro, acrílico, poliestireno e mesmo o betão.

Existem também vários tipos de cofragem que se dividem em duas categorias: cofragens recuperáveis e cofragens perdidas, que se caracterizam por serem reutilizáveis no caso das primeiras, e não removíveis e assim embebidas ou como invólucro do betão, no caso das segundas. Dentro das cofragens recuperáveis existem as tradicionais, as tradicionais melhoradas, flexíveis e insufláveis e as racionalizadas dentro das quais estão as ligeiras ou desmembráveis, as semi-desmembráveis e as pesadas ou monolíticas. Dentro das cofragens perdidas existem as estruturais ou colaborantes e as não estruturais e não colaborantes.

Colocação:

No momento da colocação do betão, a mistura tem que continuar a ser vibrada para uma melhor acomodação da mesma, e de forma a permitir a libertação de bolhas de ar no seu interior, para obter um betão mais compacto. A colocação do betão em camadas horizontais não devesa exceder os 50 centímetros, pois quanto maior for a camada, mais dificuldade terão as bolhas de ar em libertar-se, o que pode originar juntas de betonagem.

Cura:

A cura do betão influencia a durabilidade, a porosidade e a impermeabilidade do mesmo. Assim também é necessário ter em conta a velocidade da cura, pois uma cura demasiado rápida leva a uma velocidade de corrosão também mais rápida o que origina fendas. Na cura do betão é necessário ter em conta o tipo de betão, bem como as condições climáticas. Para uma cura correcta é necessário molhar as camadas de betão, de forma a manter um grau de humidade apropriado.

Betão armado – armaduras:

O sistema do betão armado é simples: o aço apresenta boa resistência à tracção, que aliado ao betão formam uma peça resistente tanto a tracção como a compressão. Porém existe algumas questões a ter em conta de modo a garantir a qualidade e durabilidade do produto final. As armaduras convencionais são compostas por barras (vergalhões) de aço que são unidos entre si, formando uma estrutura, que depois será embebida em betão. Contudo estes vergalhões têm de ser alvos de algum cuidado no que respeita ao armazenamento e manutenção, devido a sua corrosão, que pode criar problemas como o surgimento de microfissuras que

levam a infiltrações ou destacamentos de betão. Existem varias respostas a este problema:

- Utilização de outros materiais não corrosivos para formar a armadura como: aço inoxidável, aço galvanizado, aço microcomposto, etc.
- Além de cuidada armazenagem e limpeza, pode-se recorrer á pintura das armaduras com tintas epóxicas ou a base de poliuretanos.

Juntas:

O betão está sujeito a fissuração, que deriva de vários factores, desde o processo de fabrico a sua aplicação e cura, á qualidade do betão, esforços, dilatação ou retracção derivados da temperatura. Os grandes perigos podem estar em grandes superfícies ou grandes estruturas sujeitas e elevadas temperaturas, onde a falta de juntas pode levar a graves problemas. Assim as juntas são elementos de segurança extremamente importantes. Existem vários tipos de juntas:

- Juntas de dilatação e contracção: são uma separação física entre duas partes de uma estrutura para que estas se possam movimentar sem transmissão de força entre elas. Elas podem ser verticais, horizontais ou aéreas (no caso das pontes).
- Juntas de indução de fendas: quando o betão perde a agua, reduz substancialmente o seu volume, e esta retracção leva a fissurações que surgem de forma aleatória. Contudo com a criação destas juntas pode se controlar onde aparecem estas fissuras já que o betão fica enfraquecido, estimulando a fissuração a ocorrer nestes locais.
- Juntas de separação ou isolamento: são feitas para separar diferentes elementos de construção em betão, ou ate mesmo diferentes materiais, para que se possam mover livremente, podendo ter em simultâneo o papel de juntas de dilatação e d indução de fendas.

Isolamento:

O betão é um material com uma resistência térmica insuficiente, por isso é necessário recorrer a outros materiais para se obter um isolamento adequado. Este isolamento é colocado nas paredes pelo seu interior ou exterior. Para este isolamento utilizam-se materiais como o poliestireno expandido, espuma polietileno ou manta lã de rocha. Existe ainda a possibilidade da utilização do betão leve isolante, que garante a eliminação de qualquer ponte térmica devido ao monolitismo, casos que necessitam de maiores cuidados nas formas como se resolve este problema, isto nas formas de isolamento primeiramente mencionadas.

Pré-fabricação:

O betão é um material que permite a construção quer em obra quer em pré-fabricação. A opção depende de questões técnicas, orçamentais e mesmo programáticas. São processos diferentes de construção e por isso cada um tem as suas exigências. Enquanto a fabricação in situ tem preocupações como todo o controlo do processo de criação do material, na pré-fabricação as peças são construídas em fábrica e posteriormente montadas como um puzzle, não sendo necessário optar por um ou outra, já que podem coexistir, dependendo das exigências do projecto. Um dos exemplos mais simples de betão pré-fabricado são os blocos de betão.



ção de





04

Um Autor

Álvaro Joaquim de Melo Siza Vieira, assim se chama o mais conceituado arquitecto contemporâneo português.

Filho de Júlio Siza Vieira e Cacilda Ermelinda Camacho Carneiro, nasceu em Matosinhos, a 25 de Junho de 1933.

Pai de Joana Marinho Leite Siza Vieira e Álvaro Leite Siza Vieira.



Formou-se em arquitectura na Escola Superior de Belas Artes do Porto (ESBAP), entre 1949-1955, onde mais tarde leccionou, entre 1966-1969 e em 1976. A sua primeira obra é de 1954. Teve o aprazimento de ser aluno de Fernando Távora, uma das principais referências da Escola do Porto, e com ele trabalhou (1955-58), a Casa de Chã da Boa Nova, em Leça de Palmeira (1958-63) é um exemplo de projecto que adveio da proximidade com o arquitecto Távora.

Foi professor convidado na Escola Politécnica de Lausana, a Universidade de Pensilvânia, a Universidade de Los Andes de Bogotá, e na Universidade Harvard.

A Universidade Técnica de Lisboa graduou-o com o título Honoris Causa em 2010.

Contendo obras espalhadas pelo mundo, obteve já inúmeros prémios dos quais destaco alguns:

- 1958: prémio de arquitectura contemporânea Mies van der Rohe;
- 1992: prémio Pritzker, pelo projecto de renovação na zona do chiado, em Lisboa;
- 1996, 2000, 2006: prémio Secil;
- 2008 e 2009: Royal Gold Medal for Architecture, do Instituto Real de Arquitectos Britânicos.

Álvaro Siza foi sendo influenciado por importantes personalidades modernistas, como Adolf Loos (1870-1933), Frank Lloyd Wright (1867-1959), e Alvar Aalto (1898-1976). Mas não virou costas à tradição construtiva portuguesa e desenvolveu a sua própria arquitectura.

A linguagem arquitectónica de Siza não é uma linguagem preestabelecida e não está sujeita a regras predefinidas.

Para ele cada lugar é diferente, e complexo, cada situação está em constante mutação, daí que ele não se baseie em regras e padrões absolutos.

Ele sugere uma condição essencial de incerteza, mas insiste na necessidade da formulação de propostas rigorosas. São

dois aspectos incongruentes que demonstram que é um processo mental regido pela incerteza que dá forma à sua obra.

Citando Peter Testa “a sua arquitectura é uma forma de conhecimento... A obra e o pensamento deste arquitecto não oferecem soluções mas levantam com lucidez exemplar os problemas capitais da arquitectura em fins do século XX”¹

A sua obra demonstra interesse pela criação do ambiente e uma sensibilidade para a configuração do terreno como condição preliminar da arquitectura.

A Piscina das Marés, com muros de cimento moldados *in situ*, as piscinas cuidadosamente encastradas nas rochas, o edifício construído abaixo da cota da avenida para não perturbar a vista da linha de horizonte, é uma perfeita manifestação da sua preocupação com a criação do ambiente.

“Os arquitectos não inventam nada, mas transformam antes a realidade” (Álvaro Siza)²

Siza pretende demonstrar como construir pode ser um acto efémero e como cada construção pode estar desde o início predeterminada, quer de um ponto de vista temporal, quer de um ponto de vista topográfico.

Obras como: a Piscina das Marés (1960-1966); a Igreja de Marco de Canaveses (1990); o Museu de Serralves (1991-1999); o Museu para a Fundação Iberê Camargo (1998-2008), foram criações que se tornaram marcos históricos da arquitectura nacional e internacional, e continuam influenciando cada geração.



¹ Frampton, Kenneth, Profession poética/ Álvaro Siza Vieira, pg. 10

² Frampton, Kenneth, Profession poética/ Álvaro Siza Vieira, pg. 12

05

Uma Obra

Fundação Iberê Camargo

Uma entidade cultural, que tem como objectivo conservar, catalogar e promover a obra do pintor gaúcho Iberê Camargo (1914-1994).

A fundação foi criada em 1995, pela viúva do pintor, Maria Coussirat Camargo, e estava instalada na antiga residência do artista, no bairro Nonoai. Até que o governo do Estado do Rio Grande do Sul doou um pequeno terreno no bairro Cristal, junto às margens do lago Guaíba.

Para a aquisição do projecto foi realizado um concurso, entre Junho de 1998 e Março de 1999, do qual saiu vencedora a proposta do arquitecto Álvaro Siza Vieira. Foi a primeira obra do arquitecto português na América do Sul, e valeu-lhe o prémio de Leão de Ouro, na 8ª Bienal de Arquitectura de Veneza, em 2002.

Siza Vieira demonstrou neste projecto a sua vitalidade criativa. Luz, textura, movimento e espaço são atenciosamente explorados, com o intuito de favorecer a relação entre o espectador e a obra de arte de Iberê Camargo.

Na sua proposta o arquitecto pretende que o espaço seja, além de espaço de exposição permanente da obra do artista, um centro cultural, onde podem ser realizados cursos, mostras temporárias, seminários e estudos sobre a produção artística contemporânea.

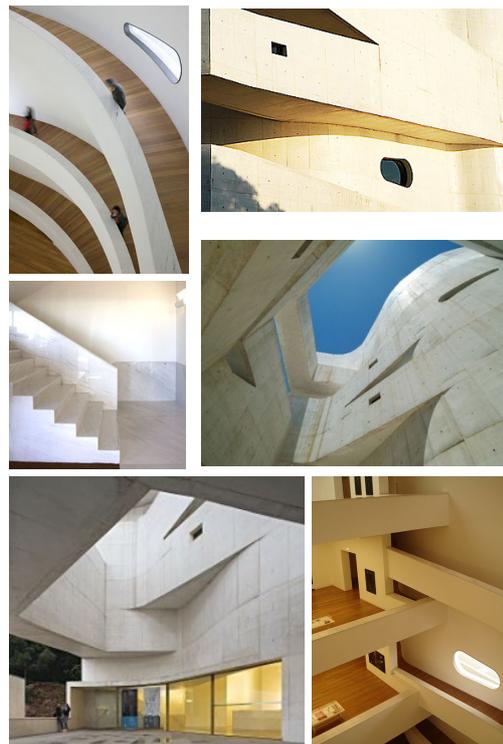
O edifício é construído numa concavidade da escarpa, sendo limitado a norte pela Avenida Padre Cacique, e a sul pela escarpa. O desenho da sua planta resultou da sobreposição de quatro plantas irregulares. O museu tem uma área de 8250 m², com estacionamento de 100 lugares. O terreno de suporte é recortado por uma escarpa de frente para o lago.

A sede da fundação tem salas de exposição em três pavimentos, uma cafetaria, uma loja, um centro de documentação, um auditório (que pode funcionar como cinema para 125 pessoas), 2 ateliers (um para expor equipamentos de trabalho do pintor e outro para actividades diversas). Não há diferença entre o espaço para exposições permanentes e temporais, Siza Vieira optou por uma flexibilidade que se mostra presente nas tendências actuais dos museus. As salas de exposição repartidas pelos vários pisos podem se abrir para o átrio ou podem se fechar por através de painéis móveis, assim a entrada de luz natural pode ser feita pelo átrio ou pelas fendas existentes entre os painéis e o tecto. Esta luz natural que o átrio recebe advém de clarabóias da cobertura ou dos vãos presentes na parede ondulada.

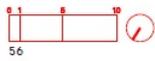
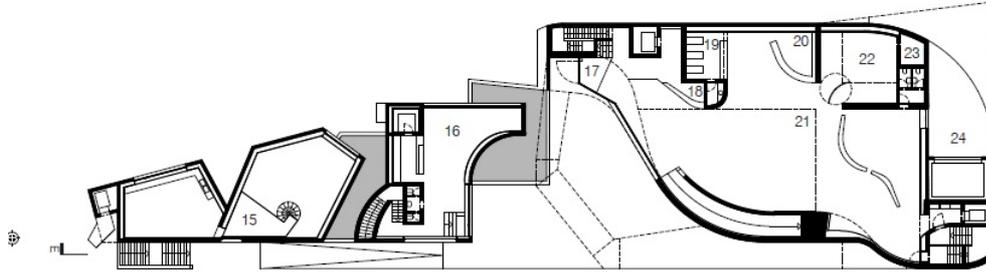
O projecto foi verdadeiramente pensado em prol do meio ambiente: possui uma pequena estação de tratamento de esgotos e baixo consumo de energia – um sistema de ar condicionado que produz gelo à noite, quando o custo de energia é mais barato, para refrigerar o ambiente durante o dia, assim reduz os custos da operação e maximiza a utilização da energia. A água tratada na estação do esgoto serve para regar os espaços verdes em volta do edifício. As especificações técnicas estão de acordo com as normas internacionais mais rígidas – a temperatura e a humidade interior da obra são dirigidas através de um controlo inteligente monitorizado, de modo a garantir a segurança do acervo do artista.

Esta obra é considerada uma referência internacional, tanto na arquitectura como na engenharia, pois foi o primeiro edifício construído em betão branco, no Brasil. É construída em betão armado em toda a sua extensão, usa na sua composição cimento branco e cofragens metálicas. O interior é constituído por elementos de mármore, madeira e estuque. Forma contornos arredondados para destacar a forma e o movimento da rampa.

O sistema de rampas, com uma inclinação de 8 e 9%, foi construído desta forma, abraçando o edifício, porque não havia possibilidade de vencer o pé direito com uma rampa apenas no interior, assim se desenham como umas galerias na fachada. A sua ossatura é monolítica, ou seja, toda ela funciona como elemento de estrutura de si própria, não havendo pilares nem vigas. Pontualmente presenciavam-se pequenos buracos que marcam a paisagem, e clarabóias que iluminam o percurso.

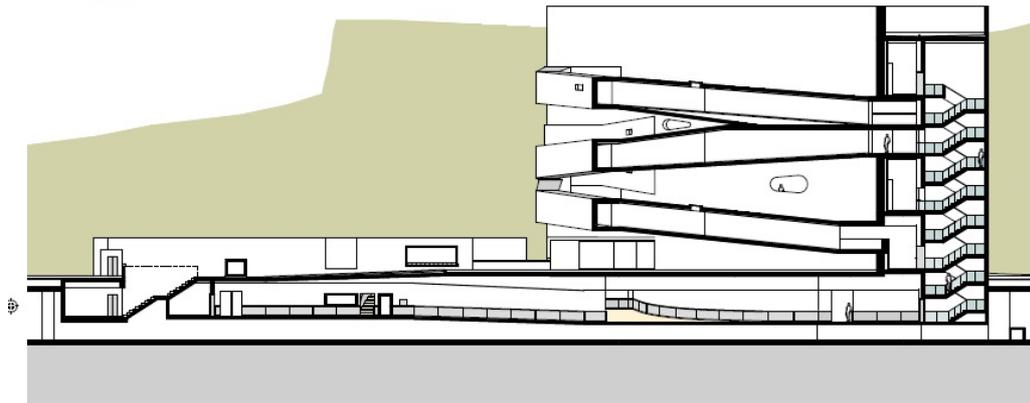


Piso 1

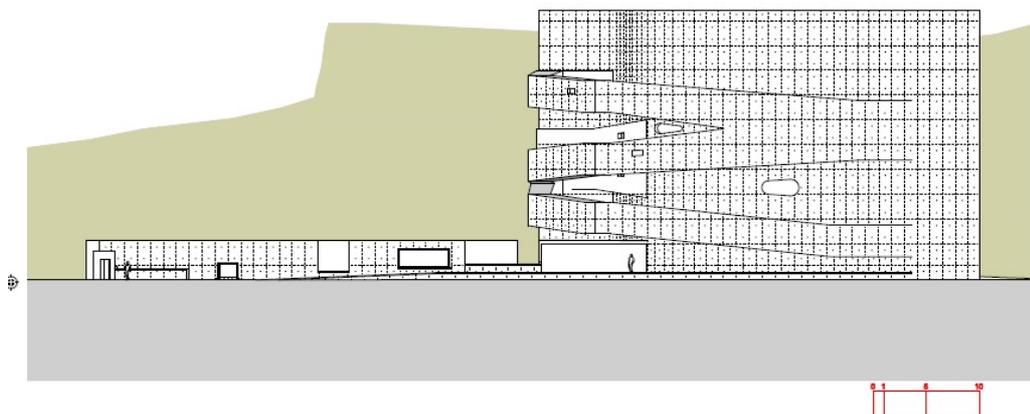


15 Mezanino 16 Cafeteria 17 Entrada Principal 18 Bilheteira 19 Bengaleiro 20 Recepção 21 Átrio 22 Loja/Livraria 23 Arrumos 24 Cais cargas/descargas

Corte E

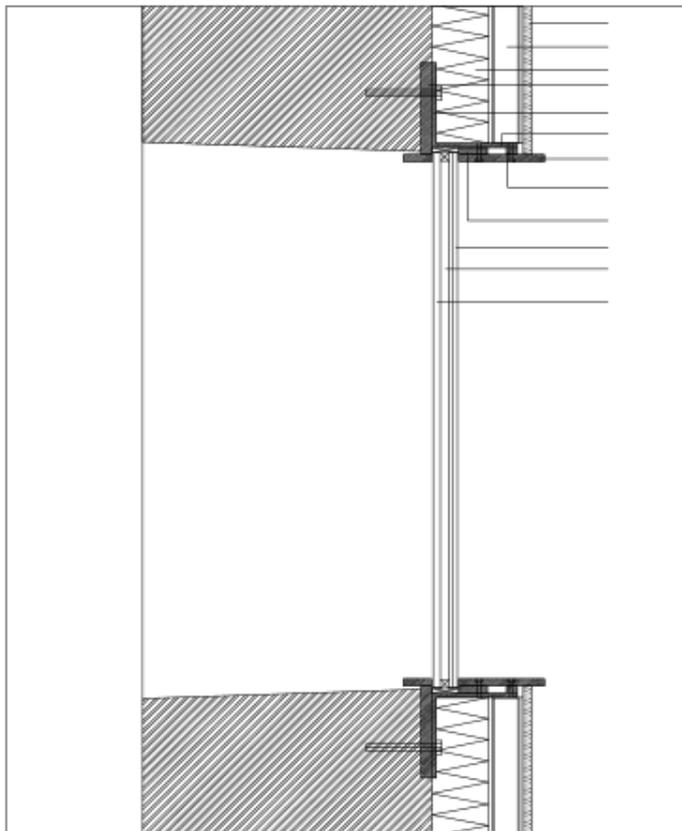


Alçado Norte

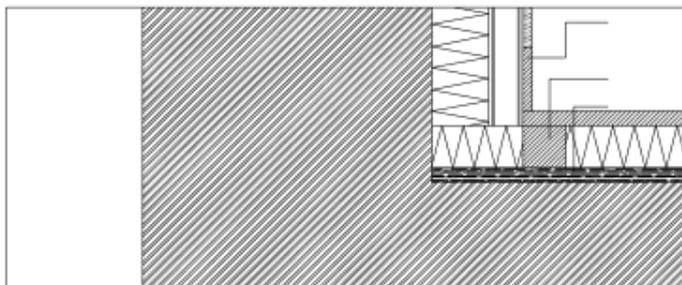


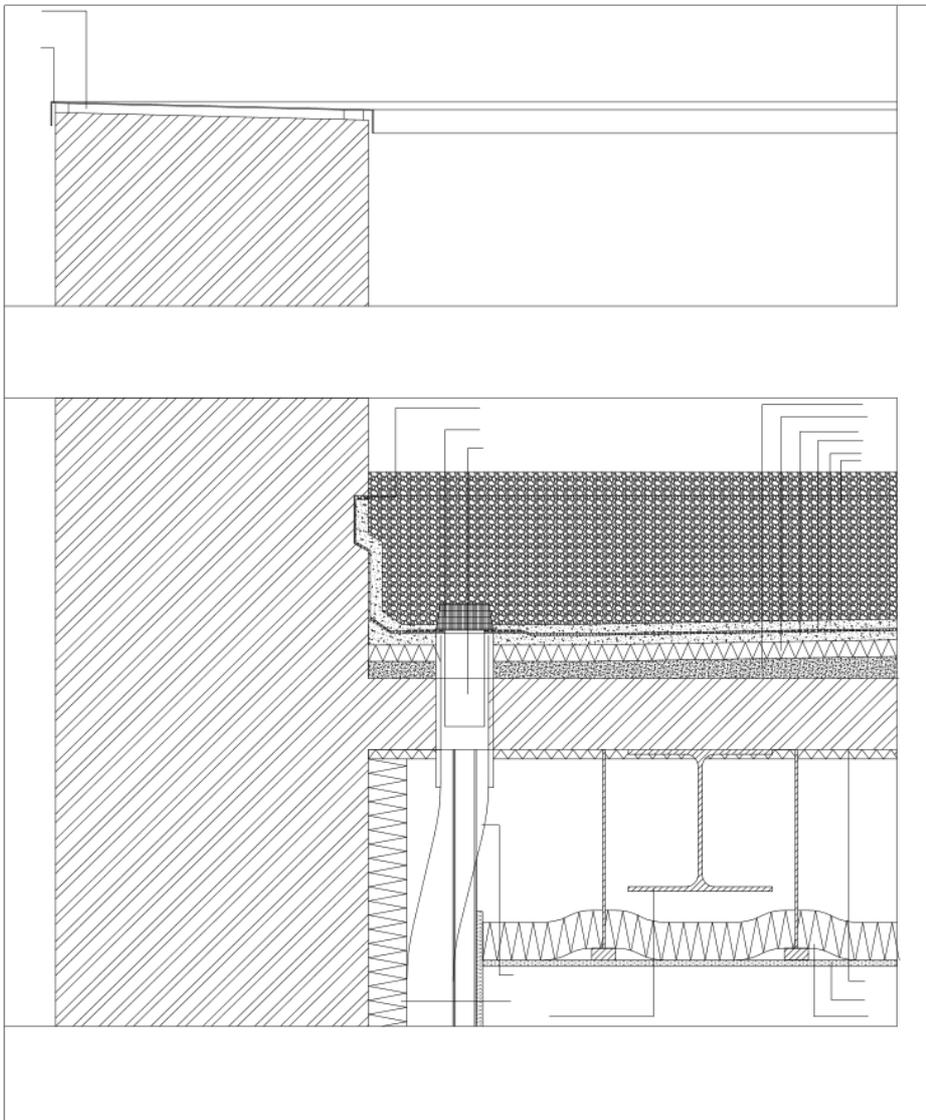
06

Um Corte Construtivo



- 1: Pladur - 13mm
- 2: Perfil metálico de suporte do pladur
- 3: Lã de rocha - 8cm
- 4: Chapa de aço galvanizado incrustada no betão - 13x5cm
- 5: Chapa - 12x06cm
- 6: Chapa - 12x0.6cm
- 7: Aço galvanizado - 12x1cm
- 8: Aço galvanizado - 1.5x1cm
- 9: Aço galvanizado - 4x1cm
- 10: Vidro laminado - 1.2cm
- 11: Caixa de ar - 1.2cm
- 12: Vidro temperado - 10cm
- 13: Rodapé de madeira
- 14: Barote
- 15: Gravilha





- 1: Isolamento térmico - 20mm
- 2: Folha de Zinco
- 3: Selo Em silicone
- 4: Funil
- 5: Grade de protecção
- 6: Gravelha
- 7: Argamassa - 20mm
- 8: Lâmina betuminosa
- 9: Argamassa - 20mm
- 10: Isolamento Térmico - 35mm
- 11: Betão celular
- 12: Isolamento térmico - 20mm
- 13: Tecto Falso
- 14: Isolamento acústico
- 15: Tubo de Queda
- 16: Isolamento acústico

07

Aspectos Técnicos
do Material**Tipos de betão**

Existem dois tipos de betão: simples e armado. O betão simples diz respeito à simples junção da mistura de cimento com areia e água. O betão armado é constituído exactamente pelos mesmos elementos, no entanto é colocado no seu interior uma armação metálica que faz com que este se torne mais resistente.

As diferentes características que o betão possui estão directamente relacionadas com as propriedades dos seus diversos componentes e dos seus agregados. Nomeadamente a capacidade de adaptação, este molda-se e adapta-se facilmente a diferentes condições (climáticas e técnicas).

O fabrico do betão pode ser feito de duas formas distintas. Este pode ser fabricado em centrais de betão ou directamente na obra, sendo que o betão fabricado em central e apresenta melhores características, uma vez que há um controlo das quantidades e dos próprios materiais. Isso reflecte-se na homogeneidade do mesmo, da qual está dependente, por exemplos as quantidades e tempo de mistura mais adequadas. Dependendo da situação, Cada utilização de betão deve ser estudada de forma a escolher os melhores e mais adequados componente, pois é destes que dependerá o resultado final.

Existem variados tipos de betões de alta desempenho, destacando-se os seguintes: betão de alta resistência; betão autocompactante; o betão leve; betão reforçado com fibras; shotcrete e o betão translúcido.

O betão de alta resistência destaca-se pelo ser melhor desempenho quando combinado com outros betões ou materiais, permitindo criar novas e boas estruturas;

O betão autocompactante não necessita de ser vibrado, pois este é capaz de se autocompactar a si próprio apenas com o seu peso. O betão é muito mais fluído, adaptando-se assim mais facilmente às armaduras e cofragens, permitindo assim também a execução de novas formas. A fluidez deste betão apenas é obtida pelo controlo dos agregados e pela adição de adjuvantes superfluidificantes. Para além da facilidade de colocação, uma maior impermeabilidade e durabilidade, este é também mais caro e exige um maior controlo.

O betão leve é fabricado com agregados leves, como por exemplo, pedra pomes. Este tipo de betão apresenta então um peso muito menor, bom isolamento, cerca de metade da condutibilidade térmica do betão normal, e também uma menor absorção dos sons. Este tipo de betão permite a construção de estruturas mais leves, sendo por isso usado na construção de consolas e vãos maiores. Para além de apresentar custos mais elevados, apresenta uma maior retracção.

O betão reforçado com fibras de vidro destaca-se pela sua capacidade de resistência às forças de tracção, flexão, corrosão, etc. Este tipo de betão pode ser obtido em painéis de 1 cm de espessura, tendo um peso reduzido. São fixados com ancoragens de grampos de aço.

O shotcrete é um betão projectável. Este tipo de betão é bom para aplicar em situações de difícil acesso, e é da forma como

este é projectado que depende a sua qualidade, durabilidade e resistência.

O betão translúcido apresenta na sua composição filamentos ópticos que se contrapõem à opacidade normal do betão. Estes filamentos são colocados na perpendicular, o que faz com que a luz passe de um lado para o outro do betão. Este tipo de betão em sobretudo fins meramente estéticos. Apesar da flexibilidade da sua utilização, este apresenta ainda custos elevados.

Composição do betão

O betão é então composto por cimento, água agregados e adições.

O cimento é o componente que desempenha o papel de ligante. Ao entrar em contacto com a água endurece, tornando-se bastante resistente. O cimento Portland é o mais comum.

A escolha do betão depende do modo como este vai ser aplicado, pois a percentagem dos diversos constituintes está dependente disso mesmo.

O cimento pode ainda ser diferenciado pela sua cor, este pode ser branco ou cinzento. O cimento cinzento dará origem a um betão de cor mais ou menos acinzentada, consoante a origem do cimento. O mais comum é o cinzento.

O cimento branco surge devido a ausência de óxidos pigmentados. O betão apresentará assim uma cor mais clara, podendo ser acentuada com a adição de agregados brancos.

O cimento branco é mais fino e mais reactivo quando em contacto com a água. Garantindo assim uma maior resistência, apesar de necessitar de uma quantidade de água mais elevada. O facto de este tipo de cimento ter um maior desenvolvimento de calor de hidratação pode levar ao aparecimento de fissuras.

Os agregados são o elemento que se apresenta em maiores quantidades na composição do betão. Os agregados devem estar isentos de impurezas, e não serem porosos, pois tal poderá fazer com que de desenrole um processo de corrosão mais acelerado. Assim é necessário ter em conta a origem deste mesmos agregados, pois estes factores são determinantes para a obtenção de um betão mais compacto, menos poroso e permeável e consequentemente menos sujeito ao aparecimento de fendas.

Dependendo da natureza dos agregados, da sua dimensão e densidade, estes podem ser considerados leves (pedra pome, argila expandida), normais (areias, granitos, pedras), pesados (barita, magnetite). Estes agregados podem ser retirados directamente da natureza como por exemplo areias e pedras mas podem também ser de origem industrial. Para além destes, há também os agregados reciclados que provêm de restos de demolições. A utilização dos diferentes tipos de agregados prende-se com as características que se pretendem obter. Os agregados mais utilizados são os normais, obtendo-se um betão de resistência aceitável. Os agregados leves são utilizados para os betões leves. Os agregados pesados são utilizados quando se pretende obter um betão com grande massa volumica.

Os agregados variam também quanto à sua dimensão, assim, estes podem ser designados por areia ou agregado grosso. Quando os agregados têm uma dimensão < 5mm, têm a designação de areia rolada ou areia britada, consoante a sua origem. Se os agregados forem > 5mm são designados por agregado grosso.

A utilização de diferentes tipos de agregados vai influenciar a qualidade do betão e consequentemente a sua trabalhadade. Associado a este factor, está a forma como o betão é fabricado. O seu fabrico está dependente de uma boa razão entre água e os restantes elementos. Dependendo do tipo de agregado utilizado, a quantidade de água a adicionar à mistura varia, pois a forma e tamanho assim o exigem. A

mistura do betão tem que ser muito bem feita de modo a que este fique homogéneo e sem bolhas no seu interior .

Outro factor importante para a boa trabalhadade do material é a granulometria. A granulometria diz respeito à razão entre as dimensões dos agregados , ou seja à quantidade de agregado grosso e fino. É necessário que haja uma uniformização, pois é desta relação que vai depender o resultado final do betão, mais ou menos compacto e mais ou menos resistente. Uma granulometria muito baixa implica uma maior quantidade de cimento e ficará muito mais sujeito a uma possível segregação. se a granulometria for muito elevada a resistência do betão será mais reduzida uma vez que a razão de água e cimento será menor. A água a utilizar na mistura deve estar totalmente livre de impurezas que possam causar manchas. A razão entre água e cimento vai influenciar a porosidade e permeabilidade do betão. Quanto menor for a permeabilidade, maior a resistência e menor a corrosão.

Adições e adjuvantes.

As adições são materiais que se adicionam à mistura para melhorar o desempenho do betão, por exemplo para resolver problemas de opacidade e homogeneização da cor. No caso das adições com o intuito de atribuir cor ao betão, designados por pigmentos, estes são colocados na mistura aquando do fabrico do mesmo.

Os adjuvantes estão relacionados com um aperfeiçoar das características do betão, que a construção dos dias de hoje exige (ex: anticongelantes, impermeabilizantes,...) Assim estes adjuvantes garantem um melhor desempenho do betão no que diz respeito à cura, trabalhadade, resistência e durabilidade.

Retracção:

O betão está sujeito a variações de volume, mais propriamente diminuição, desde o seu estado fluido até à solidificação. Após a solidificação existe factores como a variação de temperatura e cargas que influencia as suas dimensões. Estes aspectos são importantes no sentido de prevenir a fendilhação que provoca a sua impermeabilização e consequente durabilidade. As principais causas da retracção são: A dessecação, a hidratação, a carbonatação, retracção térmica, retracção global e retracção restringida.

A dessecação está relacionada com a saída da água existente nos capilares, o que faz com que a peça se retraia, no entanto aquando de novo contacto com a água, esta restabelece uma fracção do seu tamanho inicial.

A autodessecação e outras reacções, por exemplo, levam a um consumo de água que contribui para a hidratação.

A carbonatação diz respeito à reacção do dióxido de carbono com o hidróxido de cálcio do cimento, origina produtos com massa superior à dos reagentes, mas de volume inferior. A velocidade desta depende da humidade e da densidade do betão. Esta reacção é irreversível.

A Retracção térmica acontece quando se inicia a presa do betão a reacção de hidratação provoca calor, podendo essa diferença térmica provocar retracção. As retracções provocadas entre cimento e água são exotérmicas resultando numa quantidade d calor considerável. Quanto maior for a peça betonada mais dificuldade existe em libertar o calor, contribuindo, assim, para a retracção.

A retracção global é o resultado de todos os factores anteriormente mencionados, no entanto a dessecação é o factor mais importante na retracção no inicio da presa e após o processo de endurecimento do mesmo, no entanto durante este, o principal responsável pela retracção é a hidratação.

Retracção restringida acontece à medida que a peça vai secando, esta está sujeita uma retracção que se apresenta mais rápida na superfície e mais lenta no seu interior

consequência das diferentes velocidades de secagem. Isto faz com que a peça fique num estado de tensão, visto que no seu exterior esta se encontra sujeita a forças de tracção e o interior a forças de compressão. Quanto menor for a relação superfície/volume, maior será a tensão. Também os agregados estão sujeitos a tensões, uma vez que a sua compressão contraria a tracção exercida pela mistura que os envolve. Como resultado destas retracções divergentes há a possibilidade de aparecimento de fendas.

Resistência:

A principal característica do betão é a grande capacidade de resistência à compressão. A resistência do betão está intimamente ligada com os componentes usados no seu fabrico.

Tracção: pelo contrário, a sua pior característica é a fraca resistência à tracção. O betão armado consegue diminuir a tracção e no caso de ocorrer fendilhação, a armação no seu interior é que resiste à tracção e sustenta a peça.

Flexão: A resistência do betão à flexão é extremamente baixa. os materiais podem sofrer deformações plásticas e elásticas. A deformação elástica a ocorre quando o material, sujeito a uma carga, sofre uma deformação. Esta deformação desaparecerá aquando da retirada da carga. A deformação plástica, pelo contrario, não é reversível.

Factores ambientais: A degradação do betão dependente também dos factores ambientais, ou seja, do contexto em que está inserido. As principais causas para o aparecimento de patologias no betão são as carbonatações. A acção dos cloretos e os ataques químicos feitos ao betão levam à corrosão das armaduras, que assim aumentam de volume e levam à sua fissura.

A corrosão está relacionada com as condições atmosféricas, nomeadamente a quantidade de humidade, que se pode apresentar de diversas formas, como por exemplo a água das chuvas, a proximidade do rio ou mar. Para que o betão seja resistente às agressões externas é necessário que o betão tenha boas características, e para que tal aconteça os diferentes componentes têm que ser também eles de qualidade, uma boa cura e compactação. A protecção das armaduras, no betão armado, depende da qualidade e porosidade do betão. Quanto melhor for a qualidade da mistura, e menor for a porosidade, menor será a probabilidade da penetração dos cloretos que provocam a corrosão.

Aquando do fabrico do betão é necessário ter em conta os factores agressivos a que este irá estar exposto , pois a escolha do cimento depende desses factores. Para atenuar o efeito destes factores, recorre-se ao uso de adições e aditivos. Adições para resistir à acção dos cloretos e sulfatos e de aditivos para por exemplo, reduzir a velocidade de hidratação, dada a baixa permeabilidade do betão.

Comportamento do betão a altas temperaturas:

O betão resiste a altas temperaturas, a sua deterioração apenas é iniciada a valores acima dos 380°, durante um longo período de tempo. Valores acima destes provocam a progressiva diminuição da sua resistência. No caso particular da resistência à compressão, esta ainda é menor quando o betão arrefece. No entanto isto está dependente da densidade do betão, do tipo de agregado e da sua porosidade.

No caso do betão armado, tanto o betão como a armadura sofrem alterações nesta situação o que resultará na destruição de juntas e estruturas, redução da resistência das armaduras, redução do seu cobrimento, e diminuição da aderência entre os dois materiais. No que diz respeito à aderência entre o betão e a armadura, uma vez que o aço é bom condutor, dá-se o aquecimento de toda a armadura de uma forma rápida e o consequente aumento de volume. No

entanto, o betão não é bom condutor nem aumenta de volume, o que leva à fissuração. A humidade do betão e as alterações térmicas podem gerar e explosão do betão, visto que o vapor de água que se forma é impedido de se libertar dada a densidade do betão, aumentando assim a pressão interna.

Comportamento acústico:

Devido à sua compactidade e peso, o betão oferece uma protecção muito boa aos sons aéreos, mas o seu desempenho aos sons de percussão é reduzido. A continuidade entre paredes e lajes agrava a situação, o leva à propagação do som em todo o edifício. As lajes são o principal elemento neste tipo de transmissão, daí a necessidade de melhorar o isolamento à propagação dos sons de percussão em altura.

Coloração:

A coloração para além de aumentar a capacidade resistente, o revestimento e implicar pouca manutenção, a atribui capacidade estética ao betão. A cor do cimento varia conforme a sua proveniência, geralmente o betão apresenta um tom cinza, que provém do betão Portland geralmente utilizado. Para além da sua proveniência, depende também dos agregados e aditivos usados.

Os cimentos mais comuns são o branco e o cinza, que originam um betão branco e cinzento, respectivamente. Para obter betão de outras cores, podem-lhe ser adicionados agregados coloridos ou pigmentos. Os agregados grossos apenas influenciam a cor dos paramentos. Existe uma grande variedade de pigmentos coloridos, naturais ou sintéticos que podem ser adicionados à mistura. Estes podem ser líquidos ou em pó. A qualidade do pigmento é importante e é necessário ter em cuidado aquando da adição dos pigmentos à mistura, pois um pequeno erro na adição pode resultar numa grande variação de cor.



08

Alguns pormenores de construção 3D



09

Referências de Catálogo e Marcas

CIMPOR PORTUGAL

Estrada Exterior da Circunvalação,
11036 - Ap.4002 - 4460-280 SENHORA DA HORA
229511323

PRODUTOS PRODUZIDOS:

• Betão Leve; Betão Pesado; Betão Poroso; Betão Colorido;
Betão Auto-compactável; Betão de Baixa Retracção; Betão de
Alta Resistência; Betão de Resistência Inicial Elevada; Betão
com Fibras; Betão para Projectar; Betão Celular; Calda de
Cimento ; Argamassa Estabilizada

- Agregado Britado entre 2 e 65 mm

BETRANS - SOC. PRODUTORA E DISTRIBUIDORA DE
BETÃO TRANSMONTANO, S.A.
Central dos Cortiços 5340-000 Macedo Cavaleiros
Bragança - Macedo de Cavaleiros

BETÃOSITU

Rua do Outeiro, 970, Arm. 13 Zona Ind. Maia - Sec. 1 4475-
150 Gemunde - Maia
Tel.: 22 947 79 70
Fax: 22 941 06 59
geral@betaositu.com
www.betaositu.com

PUTZMEISTER IBÉRICA, S.A. - Delegação Portugal
Complexo Industrial Olival Das Minas Lote 30
2626-510 - Vialonga Portugal
Tel.: 219525629
Fax: 219521553

BETECNA

ZONA NORTE
Rua das Lajes
4405-231 Canelas Vila Nova Gaia
Telf.: 227 169 180 - Fax : 227 169 189

ZONA LISBOA

Alto da Boavista, Apartado 9
2584-909 Alenquer
Telf.: 263 730 450 - Fax : 263 730 459

10

Bibliografia e outras Referências

ADDIS, Bill. *Building: 3000 Years of Design Engineering and Construction*, Phaidon Press Limited, Londres, 2007, 1ª edição;

COLLINS, Peter. *Splendeur du béton*, Hazan, 1995;

FRAMPTON, Kenneth, *Profession poética/ Álvaro Siza Vieira*, Barcelona, Gustavo Gili, 1988;

GIEDION, Sigfried. *Construire en France - Construire en Fer, Construire en Beton*, Editons de La Villete, 2000;

HORNBOSTEL, Caleb. *Construction Materials. Types, Users and Application*, Wiley – Interscience, Canada, 1991;

KIND-BARKAUSKAS, Freedbert; BRANDT, Jörg; KAUHSEN, Bruno; POLONYL, Stefan. *Construire en Béton*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausannes, Suisse, 1ª edição, 2006;

MÁRQUEZ CECILIA, Fernando *Álvaro Siza: 1958-2000: getting through turbulence =salvando las turbulencias: notes on invention = notas sobre la invención*, Madris, El croquis, 2000;

RUBIO, Rodriguez, José Miguel, *Álvaro Siza: en blanco*, Valencia, General de ediciones de arquitectura, 2000;

WISEU, Joaquim C.S. *História do Betão Armado em Portugal (incluindo a História do Betão pré-esforçado)*, Lisboa, 1993

<http://inventors.about.com/library/inventors/blconcrete.htm>, consultado em 2.10.2010;

<http://matse1.matse.illinois.edu/concrete/hist.html>, consultado em 2.10.2010;

<http://www.concretenetwork.com/concrete-history/linear-timeline.html>, consultado em 2.10.2010;

<http://www.auburn.edu/academic/architecture/bsc/classes/bsc314/timeline/timeline.htm>, consultado em 2.10.2010.

<http://www.iberecamargo.org.br/content/museu/construcao.asp>, consultado em 16.10.2010

