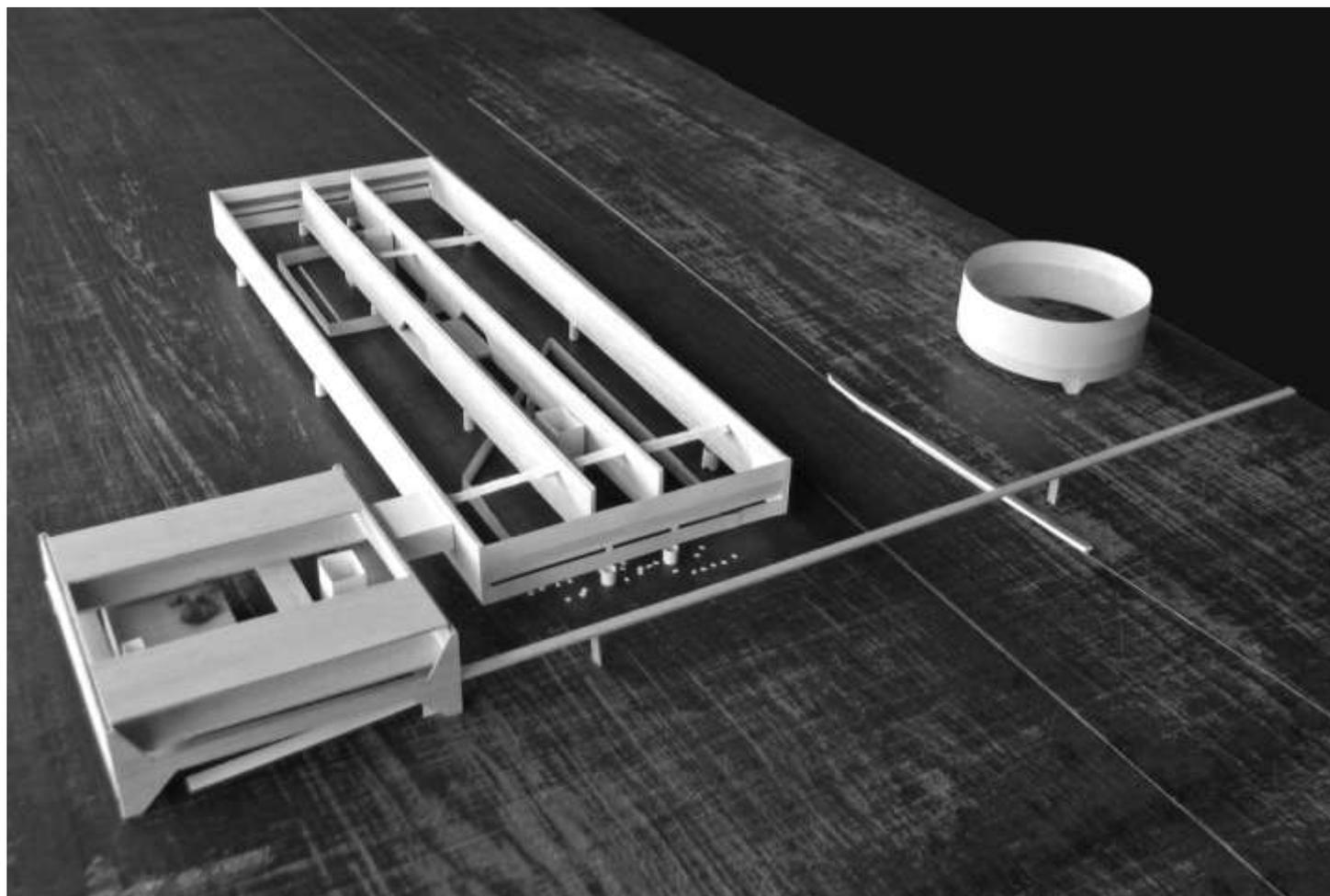


# A Engenharia do Novo Museu dos Coches



O Projeto iniciou-se no final de 2008, na sequência de um convite do Governo Português ao Arq. Paulo Mendes da Rocha. O objetivo era inaugurar o Museu no dia 5 de Outubro de 2010, fazendo parte das comemorações dos 100 anos da República. O Novo Museu dos Coches deveria assegurar a preservação da Coleção de Coches de Portugal, e a sua exibição a um público de cerca de 1.000.000 de visitantes por ano.

O Paulo veio a Portugal ver o local e inteirar-se do programa do Museu e regressou a São Paulo. Dois ou três meses depois voltou a Lisboa para apresentar as suas ideias – a sua conceção do Museu assentava na ideia de uma “caixa” branca para guardar o “Tesouro”, maioritariamente barroco, por si só profuso em ornamentações.

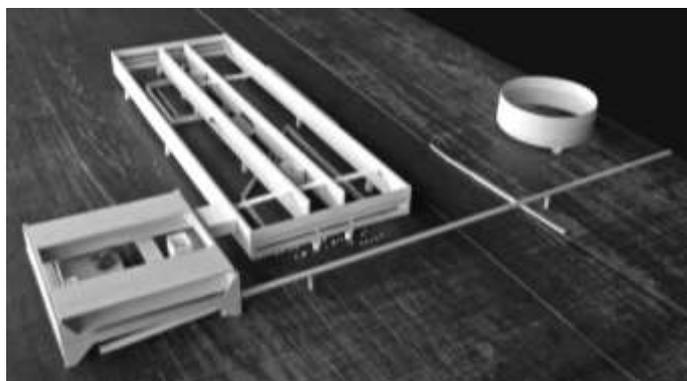


Para a apresentação do Projeto o Arquitecto trazia basicamente fotografias da sua maquete de trabalho e uma grande clareza quanto ao que se propunha fazer:

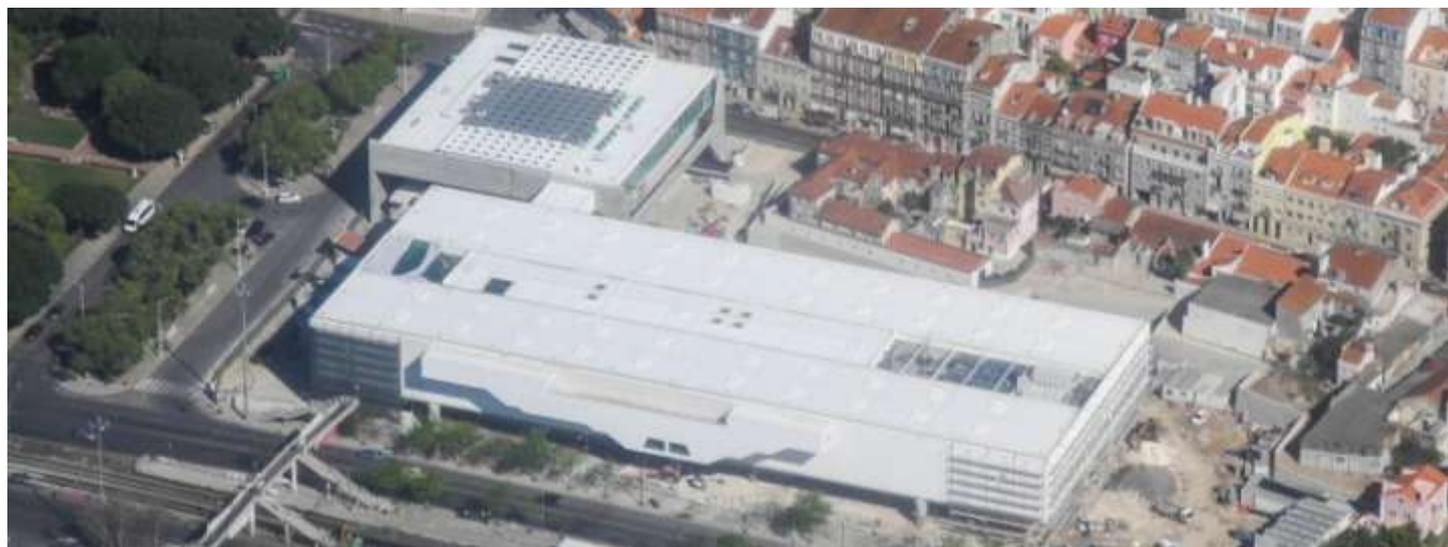
1. O espaço Museológico – elevado do chão, contendo no nível 0 as oficinas, uma cafetaria e a entrada do Museu;
2. O Anexo, ligado ao Museu através de uma Ponte, onde se localiza a direção do Museu e um restaurante, num nível elevado, e um auditório, no térreo;
3. Uma passagem pedonal, ligando a Rua da Junqueira à Gare Marítima de Belém;
4. O estacionamento – um silo de rampa contínua – junto ao Tejo, rematando a Passagem Pedonal;

A peculiar disposição espacial dos edifícios, com a ligação aérea que considerava entre eles, cria um pátio que marca a entrada para a praça interior, para onde se viram, numa nova frente, as construções da Rua da Junqueira, promovendo a sua revitalização numa reconstituição do que fora outrora a Rua do Cais da Alfandega. Realça-se nesta disposição a relação entre as áreas a diferentes cotas que dinamiza o movimento dos passantes, consolidando a devolução à cidade de toda a área do lote, convidando de uma forma marcada à visita do próprio museu. Isto traduz no fundo o que é o Museu, segundo a visão do Arqt.º Paulo Mendes da Rocha, um lugar público – “rigorosamente protegido e imprevisivelmente aberto”.

A Proposta dava resposta ao programa mas alargava o seu âmbito, correspondendo a uma leitura abrangente do local e das suas possibilidades e exigências, e privilegiava a criação de um espaço público qualificado.



A menos de pormenores, surpreende como a proposta inicial corresponde ao resultado final – falta apenas a passagem superior (a sua construção iniciar-se-á em breve) e o silo automóvel – reprovado pela Câmara Municipal de Lisboa. Tudo o resto lá está, tal como imaginado pelo Paulo, logo no início. Um pouco mais pequeno – por razões orçamentais – mas com a mesma disposição espacial e implantação da proposta inicial. Ao longo do processo, não houve teimosias de primadona nem teve que haver submissão de qualquer especialidade - todas as necessidades do Edifício foram acolhidas com simplicidade pela sua ideia original – simplesmente, estava tudo pensado!



No Século XXI, qualquer edifício - mas particularmente um Museu com as características do Museu dos Coches - destinado a preservar um Tesouro único e tendo que assegurar a receção de 1.000.000 de visitantes por ano - é uma máquina cuja eficiência e sucesso dependem tanto da forma como as suas diversas componentes cumprem a sua função (sem prejuízo das outras) como da sua capacidade de conter espaços capazes de nos surpreender e inspirar. Essa procura impõe que a solução Arquitetónica e Construtiva a adotar atendam em simultâneo e em pé de igualdade às necessidades e exigências dos diversos sistemas necessários ao correto funcionamento do edifício.

Vindo do Brasil – a terra do “concreto aparente” – era em betão que o Edifício tenha sido imaginado. No entanto, ponderando os vãos de 50 m, um prazo de construção muito curto como o que então estava definido, os aterros onde o edifício iria ser fundado, as ações sísmicas a ter em conta e a necessidade de albergar sistemas de controlo ambiental complexos e exigentes, sugerimos a mudança para um sistema construtivo leve – estrutura metálica monolítica, “agarrada” no centro e deslizante nos apoios periféricos e paredes ligeiras, em painéis de gesso cartonado.

A solução construtiva proposta surge assim em complemento da solução arquitetónica, permitindo diminuir a massa do Edifício e otimizar o custo das fundações e dos elementos verticais, e, ao mesmo tempo, garantir a minimização do prazo de construção. Entretanto, por vicissitudes diversas – disponibilidade do terreno, transferência de serviços que estavam instalados no local, etc. – o prazo acabou por deixar de ser prioritário, mas mantiveram-se válidos os restantes pressupostos da decisão.

Para a estrutura da caixa, com vãos longitudinais de 46 m e transversais de 18 e 12 m, a opção foi para uma estrutura de treliças hiperestática e redundante, com um comportamento tridimensional, aproveitando os elementos estruturais principais como elementos de travamento das estruturas principais da outra direção e tirando o máximo partido de todas as continuidades e redistribuição de esforços que foi possível materializar, procurando sempre um elevado grau de simplicidade de montagem.



As grandes paredes longitudinais da caixa albergam as treliças principais, que tiram partido de toda a altura do Edifício. É ao longo destas paredes que se localizam os grandes eixos de distribuição dos serviços, interligando as duas zonas técnicas do Museu, localizadas em espaço aberto nos extremos do nível superior.





O Arquitecto pensou o Anexo como um edifício coberto, meio vazio, em que os conceitos de interior e exterior se confundem pela diversidade de vistas e ambientes que gera. Uma estrutura porticada de Betão pré-esforçado apoia duas caixas de aço e vidro onde se instalarão a Diretoria e um Restaurante. O Auditório ocupa uma caixa de betão ao nível térreo.

É neste Anexo que termina a rampa que liga a R. da Junqueira à Passagem Superior que transportará os peões de e até à Gare Marítima de Belém. A sua cota de pavimento – originalmente constante de 6.60 m – coincidia com a cota de pavimento do Museu: era uma linha reta com quase 300 m de comprimento interligando a área monumental com a frente ribeirinha e o estacionamento projetado.

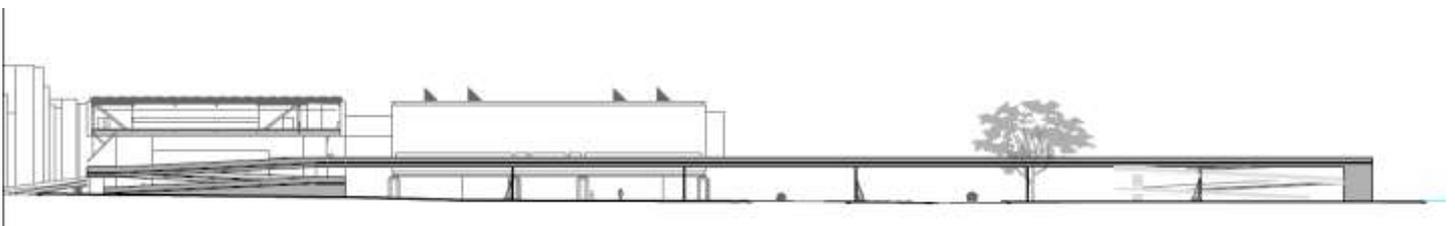


Esta passagem e o estacionamento previsto, com capacidade para 400 carros, constituem uma proposta efetiva para minimizar o problema do estacionamento da área monumental de Belém, atualmente repleta de carros estacionados à superfície. A Câmara de Lisboa “chumbou” esta componente do Projeto, cujo financiamento seria assegurado pela concessão da sua exploração.

Da passagem superior – agora respeitando as exigências da REFER (de que se destaca a altura livre de 7.50 m sobre a linha férrea - cerca de 8.10 m ao pavimento) - pretendia-se uma forma pragmática, de construção simples, com uma linguagem que a “ligasse” ao Museu. Definiram-se 3 tramos de 3 vãos com cerca de 30 m cada, sendo os tabuleiros compostos por 3 vigas HE550A paralelas. Os pilares são lâminas esbeltas de Betão Armado. Os guarda-corpos são idênticos aos do Museu – painéis maciços de Betão Branco pré-fabricados, apoiados em prumos metálicos.



Cabe aqui referir que a construção do Museu respeitou ao centímo o orçamento definido inicialmente pelo Cliente e aceite pela Equipa de Projeto. A obra está concluída e pronta a inaugurar. Na data em que se escreve este texto, ainda falta lançar os concursos para as empreitadas relativas ao Projeto Expositivo - essencial para a abertura do Museu – e à construção da Passagem Superior de Peões.



## PAVILHÃO DE EXPOSIÇÕES

O pavilhão de exposições destina-se a receber os coches que serão transferidos do atual Museu e encontra-se implantado paralelamente à Avenida da Índia. O edifício com aproximadamente 16,5m de altura, poderá simplificarmente ser descrito como um paralelepípedo branco, opaco, com 126mx48mx12m apoiado numa malha de 14 pilares circulares com 1.80m de diâmetro. Este volume elevado é interiormente seccionado em 3 naves longitudinais.

Para além do piso elevado que constitui o núcleo do museu, realçam-se ainda algumas áreas complementares distribuídas pelo piso térreo e uma área enterrada de pequena dimensão.

As áreas de exposição situam-se nas naves laterais do piso 1 e incluem duas grandes salas destinadas à exposição permanente com cerca 125x17.25 m<sup>2</sup> de área útil cada, com duplo pé-direito (8.28m), marcadas pela presença do pavimento contínuo em betão afagado, pelas paredes absolutamente brancas e pelo gradil metálico branco do teto suspenso, que ao mesmo tempo que encerra todas as infraestruturas do edifício, permite que se tenha uma perceção da sua presença. Nas paredes longitudinais do museu realça-se a presença de uma sequência de vãos, cuja forma se relaciona com a configuração das treliças metálicas estruturais e no caso das paredes intermédias, as vitrinas que resultam da subtração do seu volume ao volume das paredes em que se inserem.

Entre estas duas salas, na nave central, encontra-se um conjunto de espaços, cujas valências compreendem uma sala de exposições temporárias, com cerca de 215m<sup>2</sup> de área útil e acesso direto desde a entrada, uma área de oficinas para manutenção diária onde se situa o monta-coches, instalações sanitárias públicas e ainda os atravessamentos públicos que ligam os vários espaços e permitem o acesso às escadas de emergência também instaladas na nave central.

O piso 2 com cerca de 1380m<sup>2</sup> de área total, está limitado à nave central e compreende, nos seus dois topos, espaços para as áreas técnicas onde serão instalados os equipamentos afetos aos sistemas de ventilação e climatização das áreas de exposição. Para além destas áreas, inclui ainda uma sala de serviço educativo e um conjunto de vestíbulos e passadiços que permitem um percurso a uma cota superior possibilitando uma vista mais exclusiva das áreas de exposição bem como o acesso à varanda exterior prevista no alçado sul com vistas para o rio.

É também nestes passadiços que se localiza o acesso à passagem superior para o edifício anexo por onde se fará o acesso direto do *staff* do Museu às áreas administrativas.



A necessidade de controlo apertado da iluminação nos espaços afetos à exposição, resulta na quase inexistência de aberturas para o exterior. Apenas estão previstos rasgos horizontais em cada um dos topos do edifício e uma ou outra pequena abertura, dispostas criteriosamente ao longo dos alçados longitudinais do edifício. Na cobertura das salas de exposição estão previstas claraboias apenas utilizadas para desenfumagem natural das salas de exposição.

Ao nível do piso térreo, as áreas encontram-se divididas por dois módulos independentes, o módulo da entrada e o módulo das áreas reservadas e de serviço do museu. O módulo da entrada, que inclui a loja e o guarda volumes, é encerrado com fachadas completamente envidraçadas, criando uma continuidade com o exterior da praça. É aqui que se encontram os dois grandes elevadores, com capacidade para 75 pessoas cada, por onde se faz o acesso às áreas de exposição do piso superior. No outro módulo, virado para a entrada do museu, encontram-se as bilheteiras e instalações sanitárias públicas.

Ao centro estão as áreas das oficinas de manutenção e restauro, com entrada através do exterior por intermédio de um grande portão para antecâmara de receção e camara de expurgo. Daí passa-se para um espaço amplo, aberto, onde se dispõe as áreas para as oficinas de manutenção, reservas de viaturas e ainda a plataforma elevatória por onde os coches e restantes peças são elevados para o piso das salas de exposição





Em áreas mais reservadas, com espaços próprios encerrados e sem iluminação exterior, são dispostas as áreas para as reservas das peças mais sensíveis, nomeadamente para os arreios e acessórios de cavalaria, têxteis, documentos, pinturas e outros objetos. Adjacente às oficinas e do lado oposto às bilheteiras encontram-se as áreas de serviço, com balneários e vestiários para os funcionários do museu, áreas de descanso de funcionários, sala de conservadores, gabinetes e elevadores de serviço por onde se acede à cave e aos pisos superiores. Esta área, inclui ainda no seu topo poente um espaço para concessão, destinado a uma cafetaria com esplanada e que à semelhança do módulo da entrada tem as suas fachadas exteriores completamente envidraçadas.

O piso -1, enterrado, destina-se exclusivamente a compartimentos técnicos e de apoio. Inclui, entre outros, as reservas de água para combate a incêndio e abastecimento de água potável e reaproveitamento de água da chuva, áreas técnicas para instalação dos equipamentos de AVAC, gerador, posto de transformação e armazenamento de lixos.

Em geral, os revestimentos dos pavimentos são constituídos por lajes em betão acabadas com endurecedor de superfície e talochagem mecânica. O revestimento exterior da fachada do pavilhão é do tipo “cortina ventilada” do tipo “Aquapanel” da Knauf incluindo na sua composição placas de cimento, placas de gesso cartonado hidrófugo, isolamento térmico, lã de rocha e barreira de vapor. Os revestimentos interiores das fachadas são em painéis de placas de gesso cartonado e isolamento térmico-acústico. A cobertura será revestida com um sistema sanduiche composto por uma chapa estrutural inferior, uma camada de isolamento térmico e acústico e um perfil exterior do tipo kalzip.

Tendo em conta a presença generalizada de grandes vãos, que aparecem associados ao conceito de edifício elevado, optou-se pela utilização de sistemas construtivos ligeiros, o que é evidente não só ao nível da estrutura principal do edifício, que é metálica, como em toda a sua envolvente, realçando-se aqui as lajes colaborantes de reduzida espessura do piso da exposição, as chapas metálicas da cobertura e ainda as paredes interiores e exteriores onde predomina o gesso cartonado.



## EDIFÍCIO ANEXO

Trata-se de um volume ora preenchido ora esvaziado, de que se destacam, na base, o módulo independente do auditório e no topo, os volumes suspensos nos pórticos estruturais em betão aparente, para as áreas da administração e restaurante, com fachadas envidraçadas adjacentes às vigas estruturais trianguladas.

O interior do edifício inclui um conjunto de comunicações verticais e horizontais, predominantemente públicas, todas em ambiente exterior, embora abrigadas pela claraboia central construída em vidro e estrutura metálica.

No piso térreo encontra-se o auditório, com 8.50m de altura e capacidade para 330 pessoas, construído em betão estrutural aparente para pintar do lado exterior.

Trata-se de um espaço informal para os visitantes do museu e para apoio ao serviço educativo, com dois grandes portões laterais que permitem a passagem de um coche puxado a cavalo.

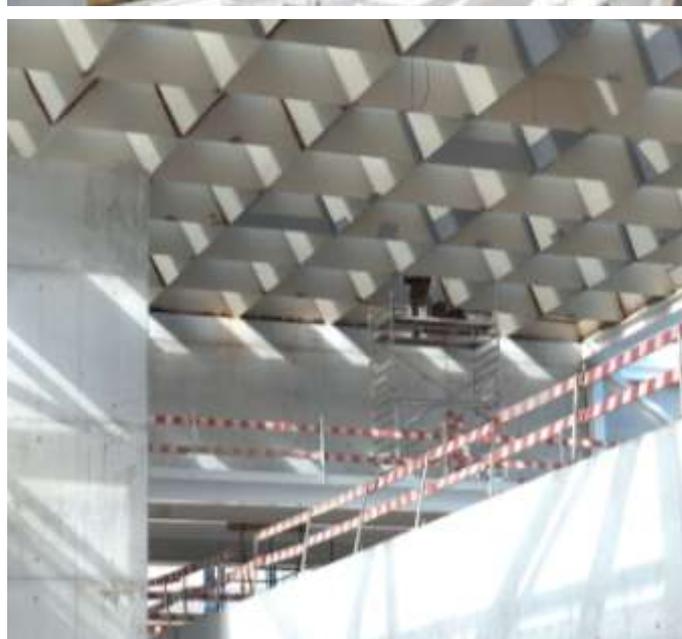
No interior, predomina também o betão, sendo as paredes revestidas com painéis de betão furados, atrás dos quais será previsto o isolamento térmico que simultaneamente fará o controlo acústico do espaço.

Nos tetos temos vigas pré-fabricadas em betão, com secção em T, e no pavimento temos cubo de granito na base e novamente betão pré-fabricado nas bancadas. Sobre a cobertura encontra-se um espelho de água.

Ainda no piso térreo e integrados no módulo do auditório, encontra-se, a norte, uma área para uma loja a concessionar, e a sul instalações sanitárias públicas e um espaço para a receção e balcão informativo do museu.

No piso 1, na parte posterior do auditório encontra-se uma ampla varanda sobre a Rua da Junqueira, que serve ainda de ligação entre as rampas de acesso à nova passagem pedonal e a rua do Cais da Alfandega Velha.

O piso 2 é composto pelas duas “pontes” em estrutura metálica com vigas trianguladas com 45m de vão, apoiadas nos pórticos estruturais em betão aparente.



A “ponte” nascente, com vista privilegiada para a nova praça do museu e para o espelho de água sobre o lanterim, destina-se à administração do museu, com espaços para os serviços administrativos, gabinetes para direção e curadores, biblioteca, instalações sanitárias, copa e áreas de descanso.

Na “ponte” poente encontra-se um espaço amplo, com vista para toda a área monumental de Belém que se pretende concessionar para a instalação de um restaurante.

Distinguem-se neste espaço as áreas da cozinha, bar e instalações sanitárias constituindo a restante área o espaço de refeições.

Dois passadiços em estrutura metálica e pavimentos em betão fazem a ligação entre as “pontes” e permitem ainda o acesso aos núcleos em betão armado aparente onde se encontram as escadas de emergência e os elevadores de acesso.

No passadiço norte encontra-se ainda um pequeno espaço técnico.

Nos acabamentos destes espaços são utilizados os pavimentos em betão afagado, sendo as fachadas envidraçadas e os tetos em gradil metálico suspenso, mantendo-se assim a continuidade das soluções adotadas no pavilhão de exposições.

## **PASSAGEM PEDONAL E CICLÁVEL**

A solução proposta para a passagem pedonal conserva o conceito de espaço público que norteia todo o projeto.

O arranque a norte faz-se ainda dentro dos limites do edifício anexo por um conjunto de rampas com 3m de largura que se desdobram desde a cota da praça até à cota do tabuleiro ao nível elevado, possibilitando ainda o acesso direto à varanda norte do auditório a partir de um dos patamares intermédios. Após a travessia da Avenida da Índia, da linha férrea e da Avenida Brasília a passagem as cotas do tabuleiro vão descendo até encontrarem as rampas, desdobrando-se novamente para permitir o acesso a partir do jardim.

As cotas do tabuleiro ao nível elevado são condicionadas pela necessidade de assegurar um gabarit mínimo de 7.5m na zona de atravessamento do canal ferroviário e ainda pela necessidade de cumprimento das inclinações máximas regulamentares.

Para além das rampas previstas nas duas extremidades estão ainda previstos acessos intermédios por elevadores e escadas que permitem a utilização a partir dos passeios das avenidas da Índia e Brasil, bem como o acesso às plataformas das vias ascendente e descendente da linha ferroviária.

## **PRAÇA**

A praça que se desenvolve sob os edifícios constitui uma superfície única revestida a cubo de granito, pontualmente interrompida pelas áreas e elementos do edifício implantadas ao nível do piso térreo.

A inserção no contexto da envolvente envolve a resolução das transições entre diferentes cotas que na zona de maior desnível, a Norte, se consegue através de um conjunto de rampas e escadas e que nas restantes zonas, com desníveis mais suaves, se conseguem através de empenos pontuais e suaves nas cotas dos pavimentos.

A solução proposta aposta na abertura completa da praça, enquanto espaço público, tirando partido da permeabilidade dos edifícios ao nível da cota da praça e da ausência de qualquer outro tipo de barreiras à movimentação de peões. O acesso automóvel, apesar de possível e necessário para efeitos de manutenção e cargas e descargas é no entanto vedado ao público em geral.

Para paragem e estacionamento dos autocarros de visitantes é construída, a Sul, uma via própria adjacente ao Museu, que permite que os visitantes sejam transportados até junto à entrada.

## ESTRUTURA

O início do projeto revelou desde logo que a estrutura assumiria um papel de particular relevo na conceção do edifício, o que vem aliás dar continuidade ao que é a raiz dos trabalhos do arquiteto Paulo Mendes da Rocha.

O desenvolvimento do projeto veio confirmar e alargar esta ideia, verificando-se que o papel da estrutura foi relevante não só ao nível da forma, mas também na sua contribuição para a definição dos acabamentos e pormenores arquitetónicos, verificando-se quer pelo exterior, quer pelo interior, a opção por acabamentos ora em betão armado ora em estrutura metálica à vista. Exemplo paradigmático desta situação é o caso do edifício anexo, em que para além da estrutura, ao nível dos acabamentos, apenas se considera a colocação das fachadas envidraçadas, dos vidros dos lanternins e dos tetos em gradil metálico suspenso. No caso do pavilhão de exposições existe ainda o revestimento dos paramentos verticais.

Este aspeto obrigou a que numa primeira fase se tenha interiorizado o conceito dos Arquitectos para o projeto, o que acabou por acontecer naturalmente, pois desde o início do trabalho se constatou haver sintonia quer nas ideias quer nas expectativas que ambos tínhamos para o projeto. Em seguida e ainda antes do início do trabalho de projeto propriamente dito, facilmente se estabeleceram, em conjunto, os critérios gerais a seguir na conceção dos edifícios, que acabaram por ser rigorosamente postos em prática durante a execução das várias fases do projeto.

Constata-se agora, depois de ultrapassadas e resolvidas todas as questões técnicas, que em geral, não existem desvios quando fazemos o exercício de comparar as fotomontagens desenvolvidas na fase inicial de programa base, com o resultado final dos edifícios entretanto construídos, o que no fundo vem revelar de forma admirável, o conhecimento e experiência colocados, em particular, pelo arquiteto Paulo Mendes da Rocha, desde os primeiros esboços e desde as primeiras ideias delineadas para o projeto.





### Pavilhão de Exposições – Estrutura Principal

O corpo principal do pavilhão de exposições é um volume paralelepípedo com 126m de comprimento, 48m de largura e 12m de altura, apoiado em 14 pilares circulares com 1.80m de diâmetro e cerca de 4.5m de altura.

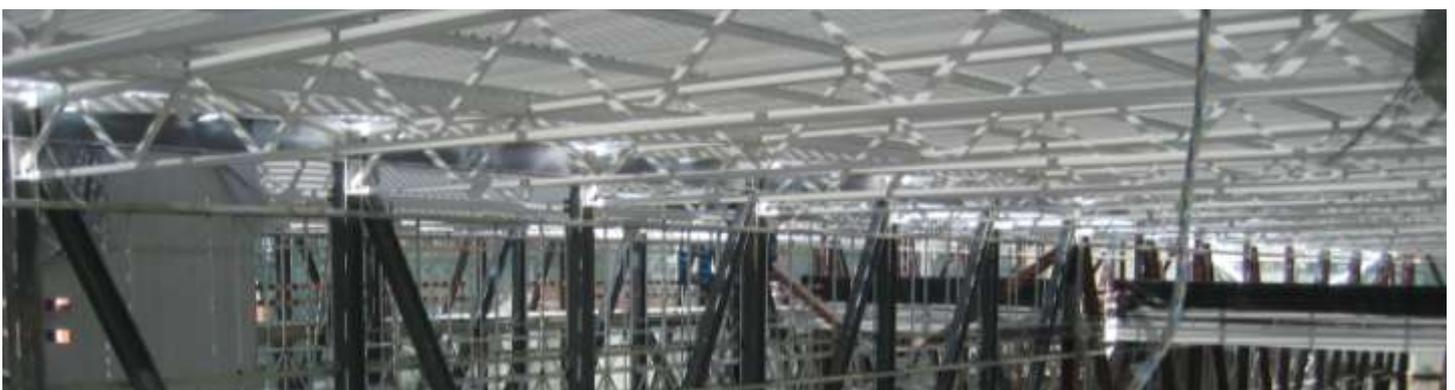
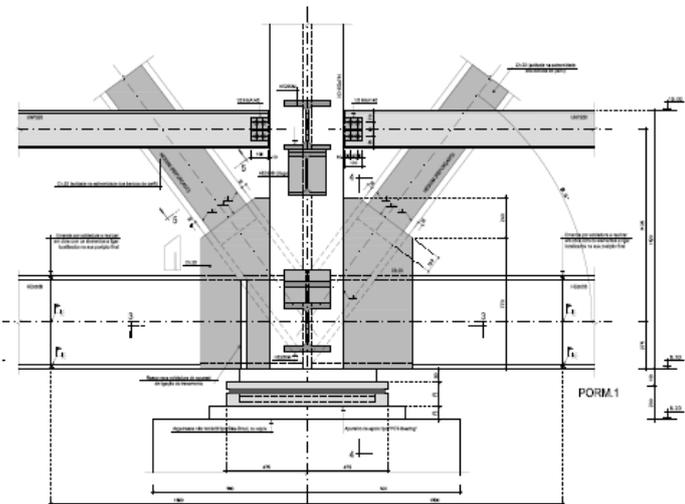
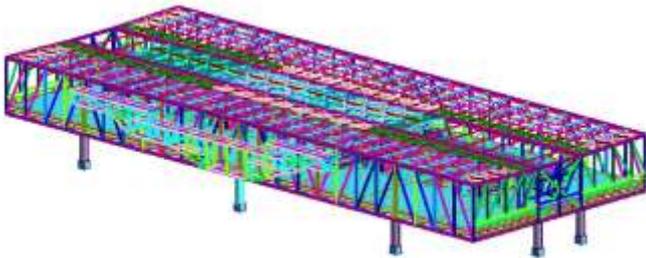
Com estas características, a opção pela estrutura metálica foi quase obrigatória, pois só tirando partido da leveza estrutural e da leveza de construção no seu conjunto, seria possível não penalizar em demasia os 14 pilares de suporte.

A estrutura é composta por quatro grandes vigas trianguladas principais, com cerca de 12m de altura, dispostas ao longo das paredes longitudinais das naves do pavilhão e que asseguram a transferência, para os pilares, de todas as cargas verticais aplicadas no edifício.

Estas vigas, em conjunto com os elementos estruturais que suportam o primeiro piso elevado e a cobertura, estabelecem um reticulado de planos resistentes perpendiculares e interligados, que asseguram a estabilidade lateral dos elementos de cada um destes planos e transferem adequadamente para os pilares e núcleo central as forças horizontais, devidas ao sismo ou ao vento.

As vigas principais, nos alinhamentos intermédios, encontram-se afastadas de 12m entre si e apoiam em 4 pilares, formando 3 vãos consecutivos, com 42m cada. Por sua vez, as vigas dos alinhamentos das fachadas longitudinais, encontram-se afastadas de 18m, das anteriores e apresentam dois apoios, formando dois vãos intermédios com 42m cada e dois vãos extremos em consola com 21m cada. Nos dois topos destas vigas situam-se duas vigas trianguladas transversais, com a mesma altura, que fazem o fecho do volume do pavilhão. A corda superior e inferior destas vigas trianguladas é executada em perfis HEB550, que para além da função estrutural, apresentam ainda um papel arquitetónico, pois nas treliças de topo e extremidade marcam a base e o topo de cada uma das fachadas.

Os montantes e as diagonais são em geral compostos por perfis laminados do tipo H, dispostos com a maior inércia orientada segundo o plano das vigas trianguladas. Os montantes localizados sobre os pilares são compostos por perfis HD400x744, que contrariamente a todos os outros, se encontram orientados com a maior inércia perpendicularmente ao plano das treliças.



A corda inferior das vigas é interrompida nestes montantes, sendo estes prolongados até ao topo dos pilares. Por questões construtivas houve a necessidade de limitar a largura dos montantes e diagonais a 310mm o que obrigou à consideração de montantes consideravelmente esbeltos. Para minimizar este efeito tira-se partido dos perfis HEA100, das madres de suporte dos revestimentos das fachadas, ligando-os entre si através de chapas metálicas e dando-lhes continuidade na zona dos montantes, o que possibilita uma redução significativa dos comprimentos de encurvadura tirando-se desta forma, um partido mais efetivo da secção dos montantes.

Os montantes das vigas principais asseguram ainda a transmissão das cargas transmitidas por elementos exteriores que a eles estão ligados, como é o caso dos perfis das vigas treliça do pavimento, das vigas metálicas dos pavimentos intermédios, ao nível do piso 2, das vigas treliça da cobertura e ainda dos perfis metálicos da estrutura da varanda exterior, que na fachada sul se pendura na viga estrutural desse alinhamento.

As ligações entre os nós principais destas vigas são soldadas. Os elementos são preparados em fábrica e enviados para a obra isoladamente, sendo depois já no local da obra, soldados em mesas preparadas para o efeito, de modo a constituir peças passíveis de serem elevadas com as vigas do estaleiro. Finalmente, para conclusão da estrutura, estas peças são colocadas na sua posição final e são soldadas entre si, obviamente sem entretanto esquecer os elementos transversais necessários para assegurar a estabilidade do conjunto durante as várias fases de montagem.

### Pavilhão de Exposições – Laje Do Piso 1

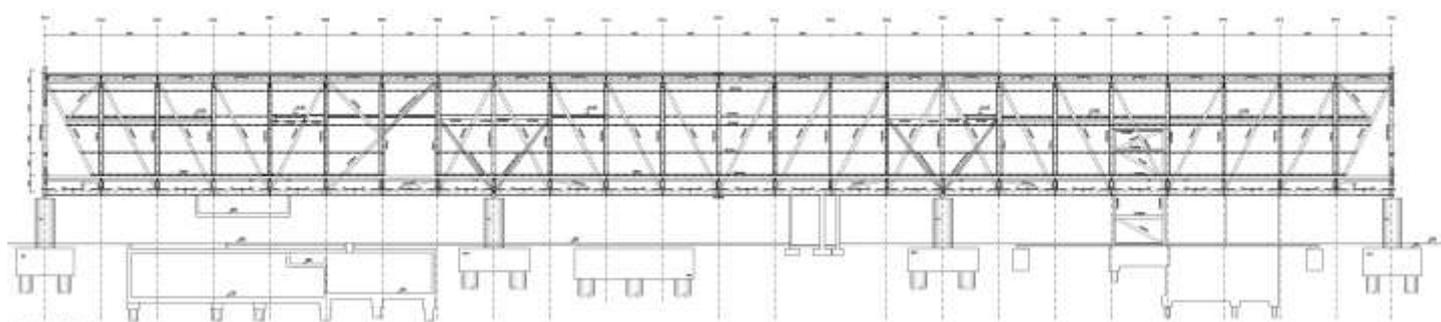
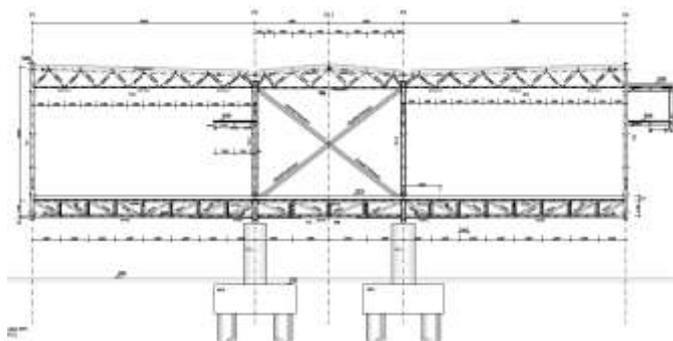
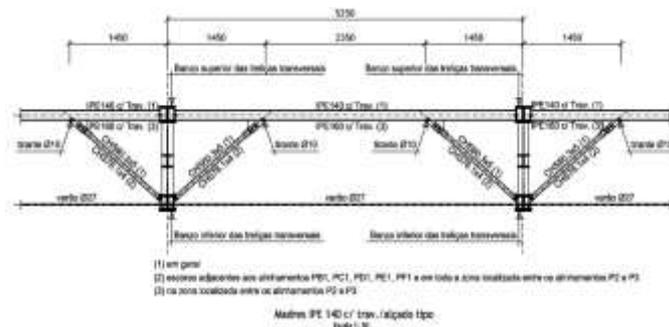
A laje do piso 1, situa-se a cerca de 6.50m do solo e é apoiada num sistema de vigas transversais trianguladas, afastadas de 5.25m que recebem as madres, em geral afastadas de 2.25m.



As vigas transversais apoiam-se nas 4 grandes vigas longitudinais, apresentando desta forma 3 vãos, um intermédio com 12m e dois extremos com 18m cada. Estas vigas são compostas por cordas, montantes e diagonais em perfis do tipo HEA e HEB e são contínuas sobre os apoios intermédios. Também nos apoios de extremidade se opta pelo prolongamento da corda inferior destas treliças até ao apoio tirando-se partido do encastramento parcial que aí se cria para redução dos comprimentos de encurvadura dos montantes das vigas principais.

Por sua vez, para as madres opta-se pela utilização de perfis IPE140 escorados em dois pontos intermédios por intermédio de diagonais, materializando assim 3 vãos com 1.45m, 2.35m e 1.45m.

Ao nível do banzo inferior das treliças transversais, as escoras são travadas com um conjunto de tirantes \_27, que no caso de cargas assimétricas, asseguram a reação necessária para contrariar a componente horizontal da força transmitida pelas escoras. Ao nível da madre, admite-se que o banzo superior será travado pela própria chapa colaborante e que o banzo inferior comprimido, na zona do perfil sobre as escoras, será travado ao bambeamento por intermédio de tirantes \_10 a soldar diretamente sobre a face superior do banzo dos perfis das madres.



A laje do piso 1, propriamente dita, apresenta um conjunto de características peculiares que são no fundo o resultado da importância que lhe foi atribuída para resolver um conjunto muito diversificado de situações. De facto, para além das funções estruturais, exige-se que a solução dê resposta às necessidades de isolamento térmico, estabeleça o acabamento final dos pavimentos do museu e permita o embebimento das tubagens em que circula o líquido radiante que faz a climatização dos espaços.

Uma das premissas fundamentais estabelecida logo desde o início foi a não consideração de juntas de dilatação ou de construção ao longo de toda a área das salas de exposição.

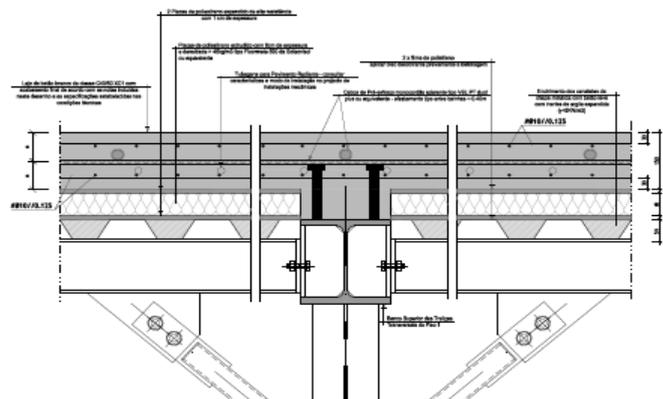
Ao nível da definição do acabamento foram testados durante o desenvolvimento do projeto vários tipos de soluções, recorrendo à execução de amostras de betões polidos com diferentes tipos de inertes e composições.

A opção acabou por recair num pavimento com endurecedor de superfície branco, talochado sobre laje maciça em betão branco, que para além de responder às exigências estéticas, apresenta um excelente desempenho como material de pavimento, nomeadamente ao nível das resistências ao impacto e ao desgaste.

Na fase de construção e por razões várias foi posteriormente decidida a execução de uma laje em betão cinzento com endurecedor de superfície e um acabamento final obtido através da aplicação de um selante à base de lítio e posterior polimento.

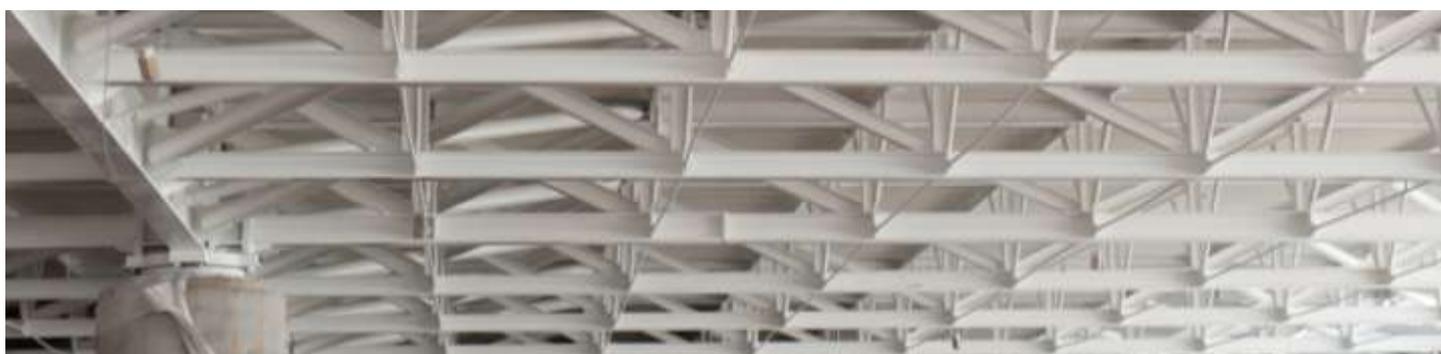
Com esta solução consegue-se uma melhor resistência superficial e estanqueidade e para além disso, a execução do polimento final pode ser realizada no final da construção, possibilitando assim a eliminação ou pelo menos a minimização das marcas das inevitáveis agressões a que o pavimento fica sujeito durante o período de construção.

A constituição desta laje inclui uma chapa de aço perfilada com 1.5mm de espessura, apoiada nas madres, recebendo o preenchimento dos canaletes com betão leve de argila expandida, um filme de dessolidarização, uma camada de isolamento térmico em poliestireno expandido com 8cm de espessura e novo filme de dessolidarização sobre o qual é betonada a laje de betão com 15cm de espessura.



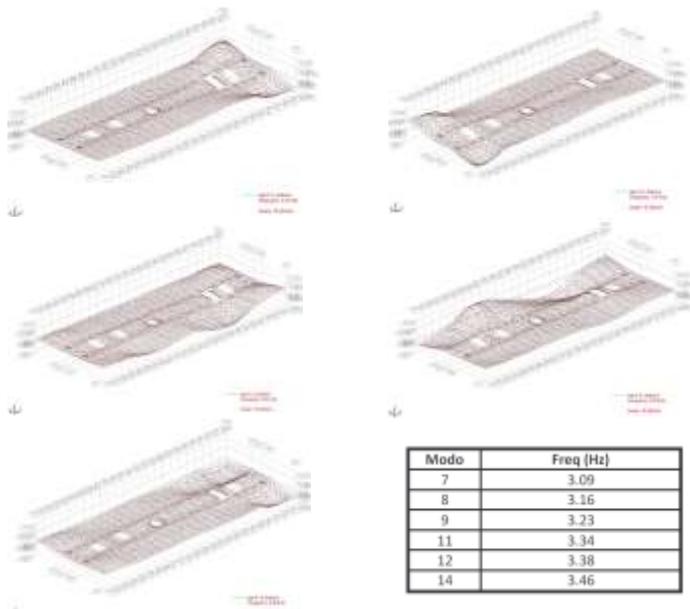
Na laje é embebida a tubagem do pavimento radiante. Para a absorção das cargas horizontais ao nível do pavimento, é proposta a sua ligação ao núcleo central de escadas e ainda a sua ligação à estrutura metálica principal, no terço central da laje, ao longo de uma extensão de 42m. A libertação da laje nos dois terços extremos resulta da necessidade de reduzir os esforços devidos à retração e às variações térmicas. Para a ação sísmica na direção transversal, os terços extremos da laje funcionam em consola, garantindo por efeito de diafragma, a transmissão das ações horizontais para os apoios fixos dos pilares intermédios e ainda para o núcleo em betão armado da escada E2.

Para limitação e controle da fissuração está prevista a aplicação de um pré-esforço longitudinal e transversal, dimensionado para assegurar uma compressão residual mínima de 1MPa, para a generalidade das situações. O pré-esforço é aderente com monocordões de "0.6" dispostos em bainhas metálicas centradas e afastadas de 0.40m, entre si.



Em termos dinâmicos, a laje do piso 1 do pavilhão de exposições caracteriza-se por ter as primeiras frequências próprias compreendidas entre os 3 e os 3.50Hz, portanto dentro das gamas críticas o que torna a laje suscetível de poder vir a apresentar níveis de vibração desconfortáveis.

Tendo isto em conta foram desenvolvidos vários estudos ao abrigo das mais recentes publicações sobre a matéria, tendo-se concluído que apesar de as frequências próprias se encontrarem dentro da gama crítica, as massas mobilizáveis apresentam valores muito significativos não sendo assim postas em causa as condições de conforto adequadas.



### Pavilhão de exposições – piso 2 e cobertura

As lajes do piso 2 desenvolvem-se apenas na nave central, entre as duas grandes vigas longitudinais intermédias e são compostas por lajes mistas colaborantes que nas zonas correntes apresentam uma espessura de 12cm, enquanto nas zonas técnicas, para fazer face ao peso dos equipamentos aí previstos, por um lado, e sobretudo para minimizar e controlar a transmissão das vibrações emitidas por esses equipamentos à estrutura principal, se opta pela utilização de lajes com 20cm de espessura.

Tal como nas salas de exposição também aqui se considera o acabamento direto dos pavimentos em betão através de talochagem mecânica numa primeira fase e posterior polimento após a aplicação prévia de selante à base de lítio.

Nesta zona a estrutura metálica de suporte é constituída por vigas metálicas principais afastadas de 5.25m que vencem os 12m entre as grandes vigas longitudinais, complementadas por perfis secundários dispostos ortogonalmente e onde apoiam as lajes de piso.

A este nível são ainda previstos passadiços metálicos que atravessam as naves das salas de exposição fazendo a ligação, ao edifício anexo a norte e à varanda exterior a sul. Estes passadiços são compostos por pares de vigas HEB550 que tirando partido do seu comportamento misto vencem um vão total de 18m.

### Pavilhão de exposições – fundações

Para os pilares principais e núcleos em betão armado adota-se uma solução de fundações indiretas através de estacas em betão armado moldadas no terreno, com encastramento no complexo vulcânico com grau de alteração W4-3 e fracturação F5-4 e cujo comprimento de encastramento varia em função das cargas a transmitir às fundações.

Os comprimentos efetivos das estacas estão compreendidos entre os 6 e os 15m, variando os diâmetros das estacas entre os 600 e os 1500mm. No dimensionamento consideram-se tensões admissíveis ao nível da ponta da estaca de 4000kPa e valores de tensão tangencial, ao longo do comprimento de encastramento de 75kPa.

## Edifício Anexo

O edifício anexo engloba a construção de dois corpos estruturalmente independentes, o corpo do auditório e o corpo onde se instalam os serviços da administração e restaurante.

### Edifício Anexo – estrutura principal

Neste último corpo a estrutura principal é composta por um reticulado de 4 pórticos em betão armado, ortogonais entre si e com eixos dispostos segundo as arestas de um quadrado com 45m de lado, complementados por dois grandes núcleos de betão armado onde se instalam os acessos verticais por elevadores e escadas.

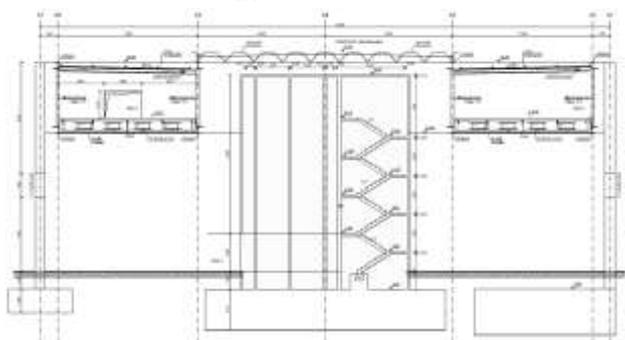
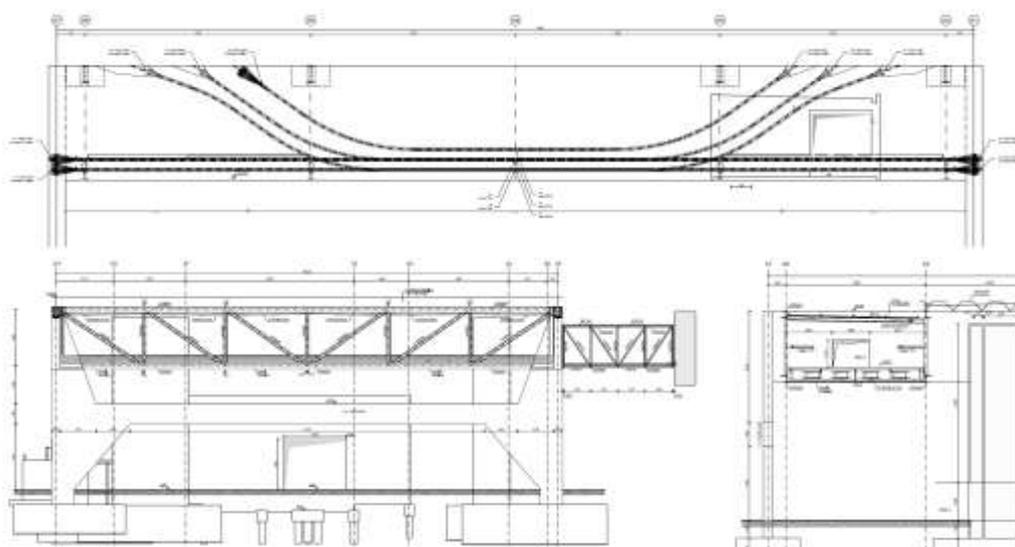
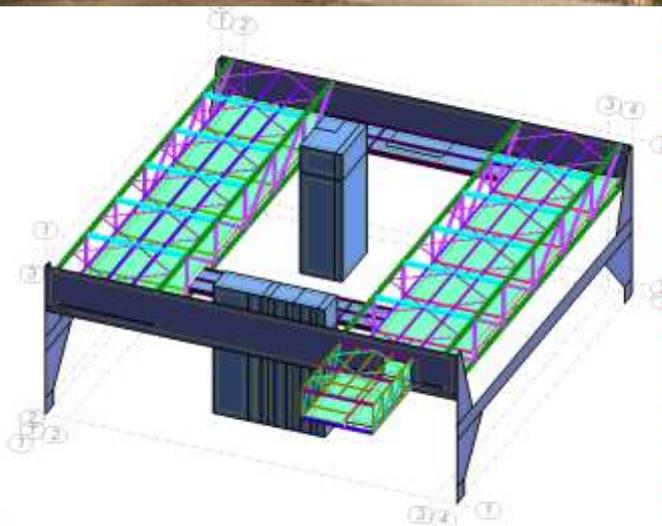
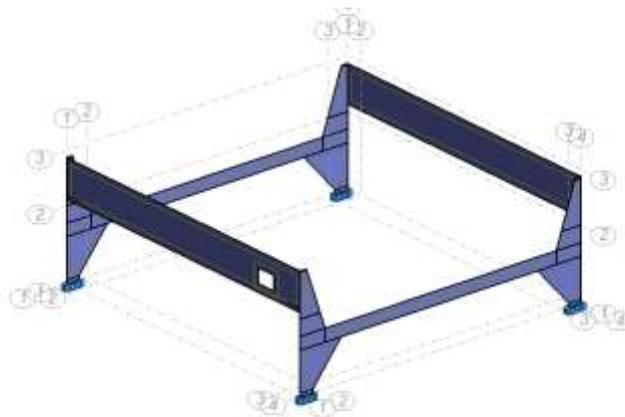
Os pórticos norte e sul são iguais entre si e apresentam dois montantes, cada, junto às suas extremidades, com uma espessura igual à de todo o pórtico, 0.80m, e com dimensões no plano do pórtico variáveis entre os 2.00m junto à fundação, que aumentam para um máximo de 8m na zona de ligação à travessa intermédia, voltando a diminuir até um mínimo de 0.80m junto ao topo.

A travessa intermédia localiza-se a cerca de meia altura e com uma secção rectangular de 0.80m x 1.80m faz a ligação entre os dois pilares de cada pórtico.

Perpendicularmente a estes e com apoio nos mesmos montantes desenvolvem-se os pórticos norte e sul, constituídos por vigas em betão armado pré-esforçadas com 0.80m de largura e 5.60m de altura.

É por estes pórticos que são transmitidas a generalidade das cargas verticais do edifício para as fundações.

Para além disso e apesar de os núcleos em betão armado absorverem uma grande parte das cargas horizontais devidas ao sismo e vento, a disposição periférica destes pórticos faz com que desempenhem também um papel fundamental no controle dos movimentos de rotação do edifício.



### Edifício Anexo – volumes do restaurante e administração

As áreas que recebem o restaurante e os serviços da administração, abrangem apenas um piso e respetiva cobertura e materializam um volume paralelepípedo suspenso com 45m de comprimento, 11m de largura e cerca de 5m de altura.

Nas suas extremidades estes volumes apoiam nas vigas parede que constituem os pórticos nascente e poente vencendo assim um vão total de aproximadamente 45m.

A estrutura principal de cada um destes volumes é composta por duas grandes vigas metálicas trianguladas paralelas, com 5.50m de altura e afastadas cerca de 11m.

A estrutura do pavimento apoia nestas vigas e é constituída por perfis reconstruídos soldados dispostos perpendicularmente às vigas principais e alinhados segundo a posição dos montantes destas vigas, que recebem as madres longitudinais em que apoia a laje mista do pavimento.

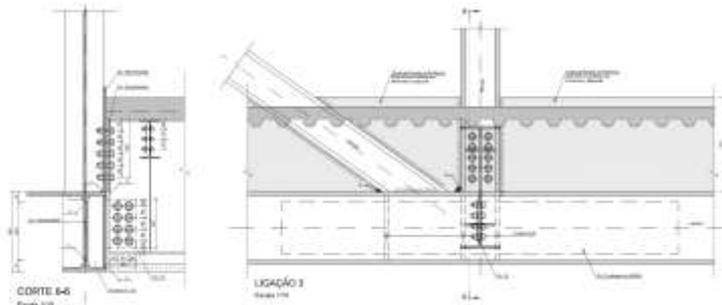
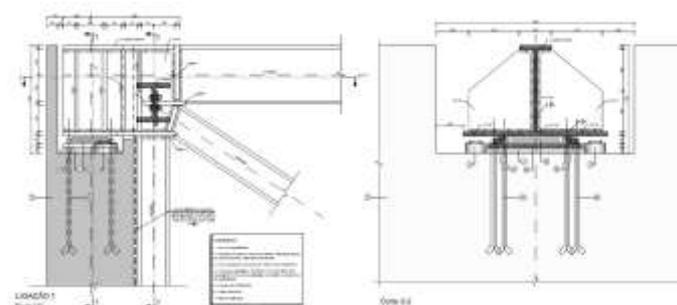
A estrutura da cobertura é idêntica à do piso, embora os perfis que a constituam sejam naturalmente mais ligeiros, pois apenas recebe uma chapa metálica de revestimento.

Para além da estrutura que assegura a transmissão das cargas gravíticas para as vigas principais estão ainda previstos travamentos horizontais ao longo de toda a estrutura de pavimento e cobertura, que asseguram o travamento lateral das vigas principais.

Cada um dos dois volumes suspensos, apoia nas duas grandes vigas pré-esforçadas em apenas 4 apoios, dispostos na extremidade das grandes vigas trianguladas.

Estes apoios situam-se ao nível da corda superior e são materializados por aparelhos de apoio de neoprene com rigidez controlada.

Por estes apoios é transmitida a totalidade das cargas verticais. As ações horizontais, devidas ao sismo atuam fundamentalmente ao nível do piso, considerando-se que na direção longitudinal são transmitidas em parte pelos aparelhos de apoio e em parte por um sistema de batentes previsto na corda inferior das vigas principais interiores.

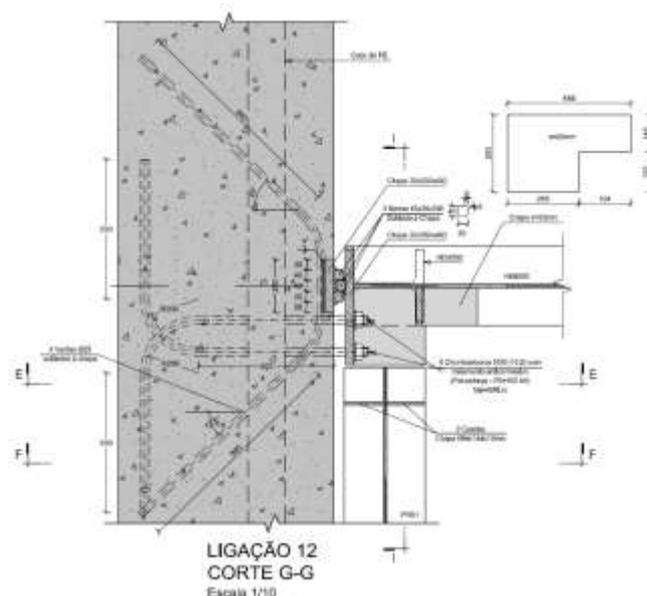
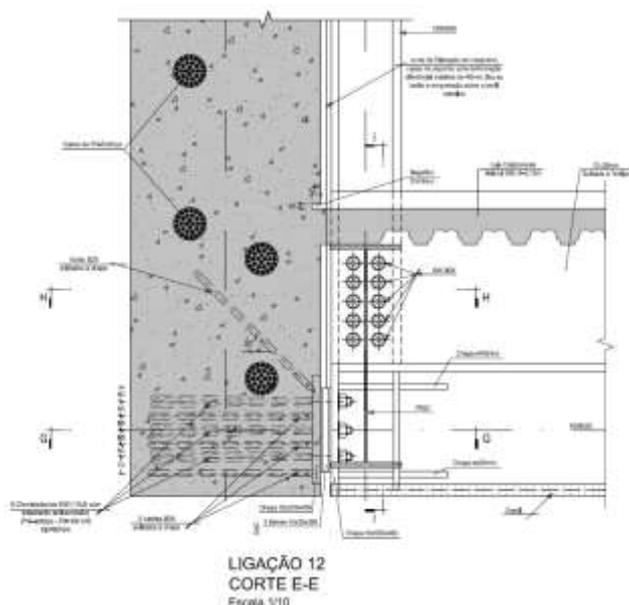


Este sistema de batentes permite, por um lado, que por contacto o sismo seja transmitido para o pórtico norte ou para o pórtico sul, consoante a direção de atuação das ações e por outro lado, evita o encastramento das grandes vigas trianguladas nos pórticos de betão armado.

Na direção transversal as forças horizontais atuantes ao nível do piso são transmitidas pelo mesmo sistema de batentes, bem como pela ligação direta prevista entre as lajes de betão e os pórticos de betão armado.

Para evitar a concentração indesejável de tensões nas zonas mais rígidas junto aos montantes esta ligação direta da laje aos pórticos apenas se considera na metade interior dos pavimentos.

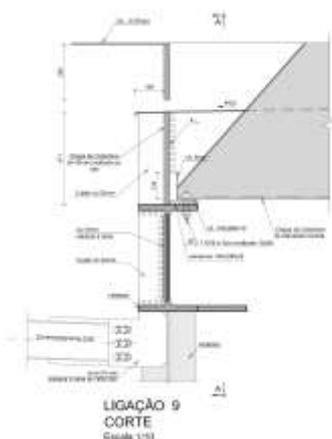
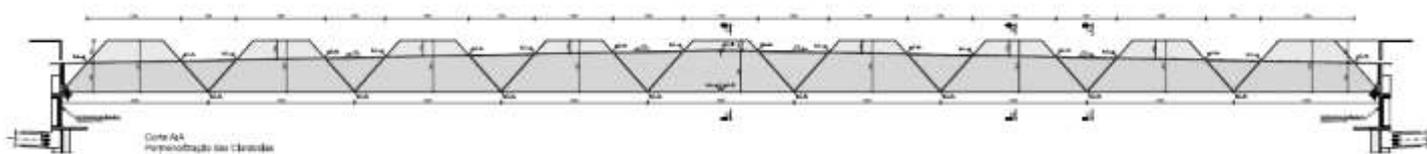
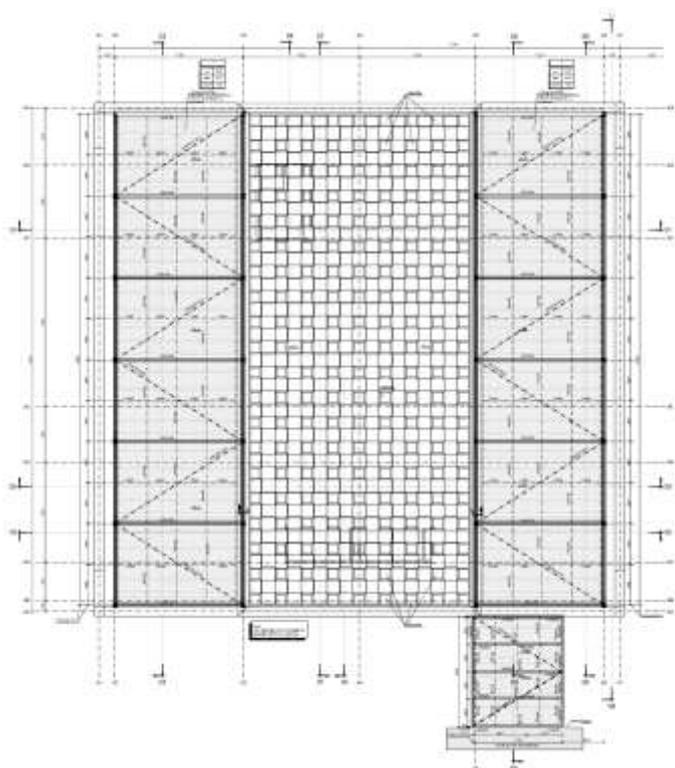
Importa ainda referir que a rigidez dos apoios em neoprene permite que para as ações rápidas, como é o caso da ação sísmica, assegurem por distorção a transmissão das forças horizontais e que para as ações lentas, como é o caso das variações de temperatura os esforços não sejam impedidos permitindo assim a distorção do aparelho de apoio sem transmissão de forças para o elemento de suporte.



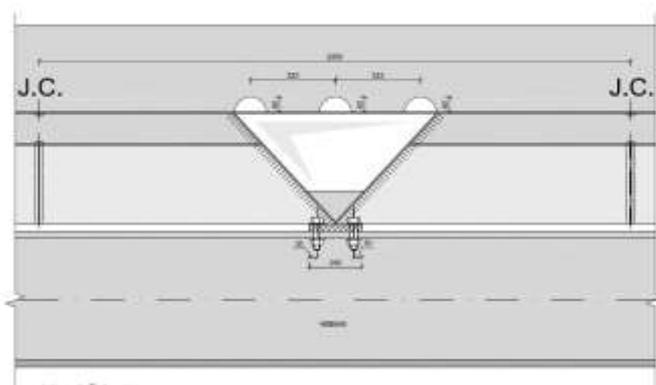
## Edifício Anexo – claraboia

Entre os volumes do restaurante e administração está prevista a execução de uma cobertura em chapa metálica constituída por um conjunto de vigas paralelas em forma de “V”, com 1.20m de largura máxima e cerca de 0.80m de altura, executadas com chapa de 6mm.

Perto da extremidade superior do “V” está prevista uma chapa também de 6mm soldada às abas do “V” colocada de modo materializar uma pendente de 2% que assegure a o escoamento das águas pluviais. Os eixos destas vigas encontram-se afastados de aproximadamente 2.25m, existindo entre elas outras chapas, dispostas ortogonalmente e que reproduzem o mesmo tipo de viga em forma de “V”. Este conjunto de vigas ortogonais permite criar um conjunto de claraboias com um aspeto visual muito interessante.



LIGAÇÃO 9  
CORTE  
Escala 1/10



LIGAÇÃO 9  
CORTE A-A  
Escala 1/10



## Passagem Pedonal

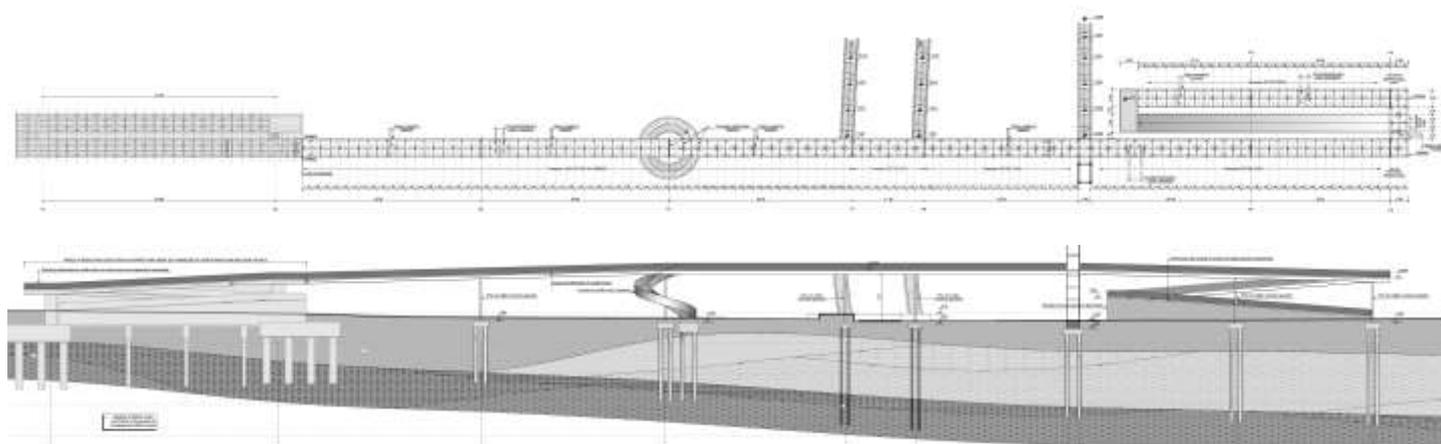
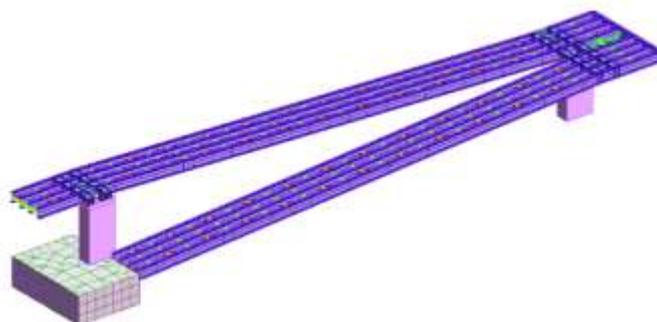
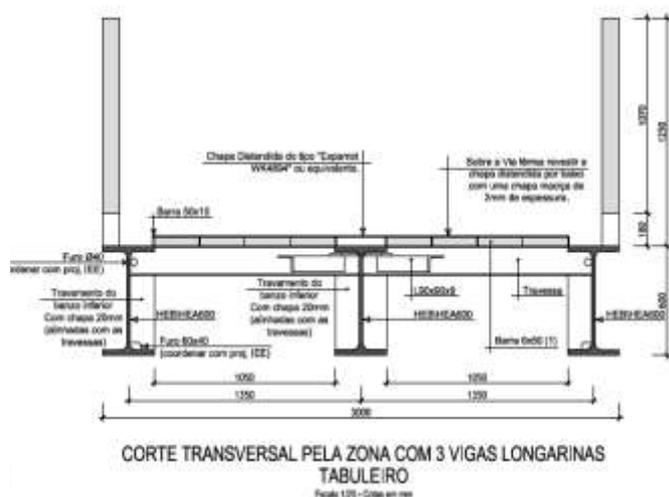
A passagem pedonal é constituída por 3 corpos estruturalmente independentes. A norte e ainda dentro dos limites do edifício anexo desenvolvem-se 3 tramos de rampas por onde se faz o acesso ao tabuleiro. O primeiro tramo de rampa é em betão armado com acabamento desativado, enquanto os restantes são em estrutura metálica e vencem um vão total de aproximadamente 37m, apoiando nas suas extremidades em consolas encastradas nos pilares em betão que se implantam na folga que existe entre os tramos de rampas paralelas. Nestes tramos, a secção transversal do tabuleiro é composta por 4 longarinas em perfis HEA600 unidas pontualmente por travessas afastadas cerca de 1.50m. A rigidez transversal do tabuleiro é garantida por um sistema de triangulação cruzado com cantoneiras L90x90x9. O revestimento é feito com chapa de aço distendida.

Na transição para o tabuleiro, está previsto um apoio com junta de dilatação que liberta os deslocamentos longitudinais do tabuleiro. O tabuleiro apresenta uma secção transversal do mesmo tipo, mas com apenas 3 vigas longitudinais em perfis HEB600 e desenvolve-se ao longo de 7 vãos consecutivos com comprimentos totais máximos da ordem dos 30m. O apoio é feito em lâminas de betão armado com 3.00mx0.25m que se encontram encastradas na fundação.

Os acessos pelas rampas são complementados por acessos diretos a partir do tabuleiro, por escadas ao cais ferroviário e ao passeio norte da avenida da Índia e por elevador e escadas ao passeio sul da avenida de Brasília.

O travamento longitudinal do tabuleiro é garantido fundamentalmente pela estrutura que materializa o pórtico da caixa de elevadores e escadas e onde se prevê a instalação de um sistema vertical de travamento materializado por intermédio de barras trianguladas. O travamento transversal do tabuleiro é assegurado pela rigidez que as lâminas em que apoia apresentam nessa direção.

À semelhança do que acontece junto ao encontro norte, a sul, a chegada da passagem desenvolve-se através de um desdobramento das rampas de acesso em tramos paralelos. Também aqui o tramo de arranque é executado em betão armado desativado sendo os restantes executados em estrutura metálica de secção transversal igual à do tabuleiro.



A norte da avenida da Índia a escada de acesso, a executar em betão branco aparente, apresenta uma configuração helicoidal, sendo a ligação ao tabuleiro materializada por intermédio de chapas e chumbadouros embebidos no betão.

Esta ligação não permite deslocamentos relativos entre a escada e tabuleiro pelo que se dimensiona a escada considerando os correspondentes assentamentos diferenciais nas direções longitudinal e transversal.

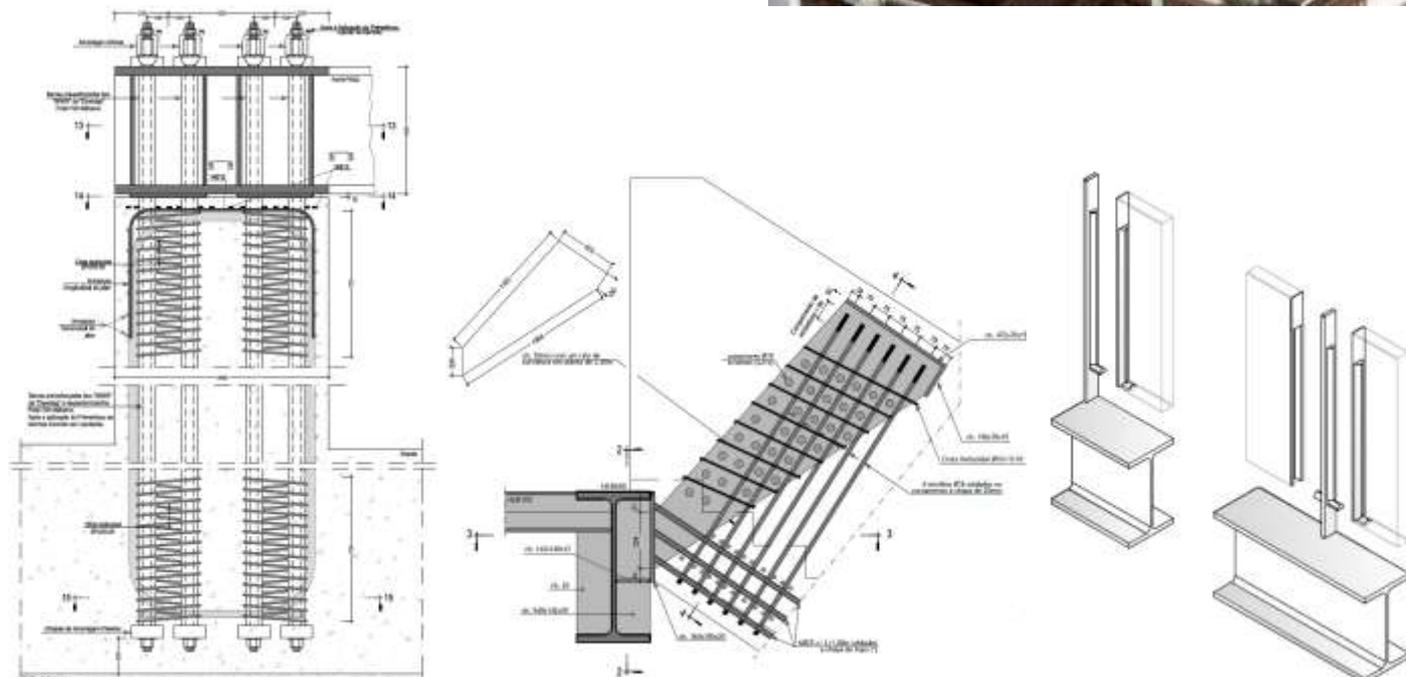
Por questões estéticas opta-se por uma solução de tabuleiro caracterizada por uma elevada esbelteza, o que obriga à consideração de dispositivos de amortecimento para correção das vibrações fundamentais da estrutura.

Estes dispositivos são instalados sob o tabuleiro, entre as vigas longarinas e serão calibrados com base na confirmação dos estudos dinâmicos a realizar já após a construção da passagem.

Para as guardas opta-se pela utilização de painéis pré-fabricados em betão branco com 80mm de espessura e comprimentos máximos da ordem dos 2.70m encaixados nos prumos metálicos que se soldam previamente às longarinas do tabuleiro.

À semelhança dos edifícios também aqui se adota uma solução de fundações indiretas, em geral por estacas em betão armado moldadas no terreno, encastrando em maciço basáltico com grau de alteração W4-3 e F5-4.

Na zona da plataforma ferroviária as limitações em termos de área disponível para a execução dos trabalhos impõe a utilização de uma solução também por fundações indiretas, mas com recurso a microestacas.



## INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

As instalações e equipamentos hidráulicos do edifício do novo museu dos coches foram projetadas de forma a dar cumprimento às exigências funcionais, atendendo a requisitos de conforto, fiabilidade e segurança, ponderando, sempre que possível, opções que potenciem a sustentabilidade da nova construção.

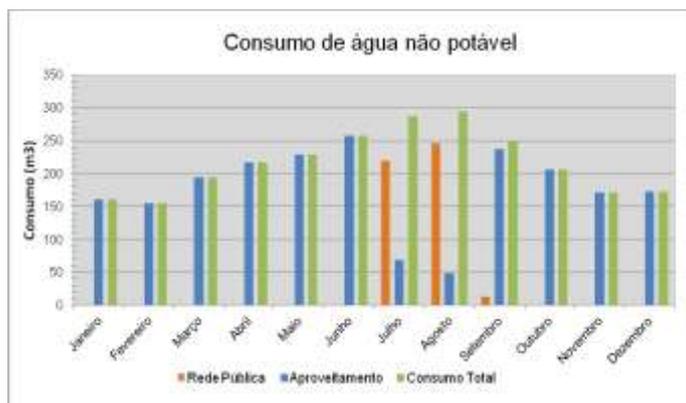
### Água

No capítulo da gestão da água, de modo a permitir o uso deste recurso de forma mais eficiente e criteriosa, optou-se por prever uma solução de abastecimento misto, fazendo uso da água potável apenas para fins potáveis e recorrendo a um sistema de aproveitamento de águas pluviais para abastecimento de todos os dispositivos que possam usar água de outras origens.

Sanitas, urinóis e rega de espaços exteriores serão abastecidos prioritariamente a partir da reserva de água da chuva. Este reservatório foi construído em cave de modo a proteger a água aí armazenada das variações térmicas e da luz. O projeto inclui um sistema de first-flush para desvio das primeiras águas, uma vez que, como se sabe, os primeiros minutos de chuva arrastam uma carga de poluição mais significativa que é indesejável reter no reservatório. A montante da distribuição de água para sanitas e urinóis, na linha de abastecimento entre reservatórios de água bruta e água tratada, prevê-se a instalação de um sistema de filtração e desinfecção prevenindo o risco de transmissão de eventuais contaminantes para a instalação de distribuição de água.

As águas da chuva usadas no sistema de aproveitamento são captadas nas coberturas do edifício e conduzidas ao reservatório por intermédio de uma rede sifónica (Pluvia da Geberit), excluindo-se para este fim as águas dos pavimentos exteriores atendendo a que o nível de contaminação as torna pouco interessantes para reutilização. Todo o sistema foi pensado de modo a permitir o escoamento gravítico, direto à rede pública, do reservatório de armazenamento da água da chuva sempre que este se encontre cheio.

Com o sistema de aproveitamento, a necessidade de abastecimento de água da EPAL verifica-se apenas nos meses de Julho a Setembro, correspondendo a 18% do consumo total.



### Sprinklers e cortinas de água

Na vertente da segurança, nomeadamente na extinção de incêndio por água, o edifício inclui, para além de uma rede de incêndio armada (RIA), um sistema de sprinklers e cortinas de água suportados por uma reserva de água de 260m<sup>3</sup> de água e dois grupos de bombagem autónomos (um para a RIA e outro para sprinklers e cortinas de água).

No pavilhão de exposições, ao nível do piso 0, que engloba as oficinas e restantes áreas de apoio, será previsto um sistema de sprinklers do tipo húmido. Neste tipo de instalação, o sistema funcionará em carga, pelo que basta que a ampola do sprinkler atinja a temperatura pré-determinada para que o sistema seja ativado.

Nas áreas correspondentes ao museu, devido à especificidade e valor das obras em exposição, optou-se pela instalação de um sistema de sprinklers de pré-ação por interbloqueio duplo. Desta forma é possível evitar danos acidentais com água quer no sistema de tubagem quer nos sprinklers. São necessários dois acontecimentos para que haja descarga de água: que seja dado um alarme através dos detetores de incêndio e que um sprinkler se rompa. Assim, se o alarme é ativado mas o sprinkler não se rompe, a água não vai para o sistema de tubagem nem chega aos sprinklers. Se um sprinkler se rompe mas não há alarme a água também não sai para o sistema.

No piso 2 do edificio anexo prevê-se ainda a instalação de um sistema de inundação instantânea do tipo cortina de água, constituído por uma rede de sprinklers abertos capazes de provocar o arrefecimento da estrutura da fachada, que por motivos de ordem arquitetónica, não têm outro tipo de proteção contra o fogo.

Este sistema é constituído por um troço de tubagem metálica colocado no topo da estrutura pelo lado interior, onde são colocados os difusores de cone cheio necessários para garantir a formação de uma cortina de água uniforme.



## INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, DE TELECOMUNICAÇÕES E SEGURANÇA ACTIVA

A abordagem ao projeto de instalações e equipamentos elétricos, de telecomunicações e de segurança procurou enquadrar-se no quadro de excelência que se estabelece para o edifício, tendo então, o rigor técnico, a inovação, a otimização dos sistemas e em especial a integração com a arquitetura, sido as suas condicionantes máximas.

Salienta-se o facto de, por opção da arquitetura, se considerarem expostos os diversos elementos das instalações técnicas o que obrigou a um particular cuidado no desenvolvimento dos traçados e na conceção dos sistemas com o objetivo de obter um resultado final agradável e cuidado. Face à quantidade de redes previstas para a generalidade dos espaços, estabelece-se um código de cores que facilita a identificação das várias redes, reportando cada uma à sua especialidade:

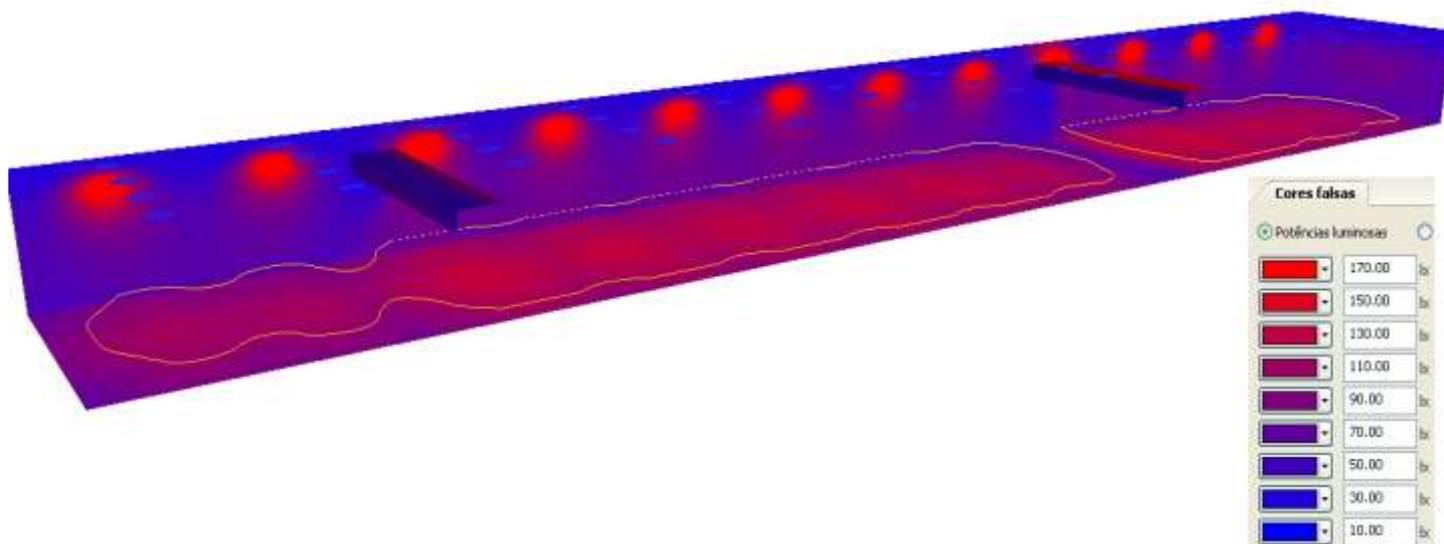
- Cor de Laranja: Instalações e equipamentos elétricos;
- Branco: Instalações e equipamentos mecânicos;
- Vermelho: Instalações de extinção/combate de incêndio;
- Preto: Instalações hidráulicas;



A generalidade dos tetos falsos é encerrada inferiormente gradil metálico, com malha de 10x10cm, pretendendo-se com este gradil sobretudo a delimitação do espaço destinado às infra-estruturas bem como a obtenção de uma leitura de continuidade. Tendo isto em consideração a solução de iluminação geral considera a instalação, sobre o gradil de luminárias do tipo industrial, com caixa em policarbonato que além de lhe conferir um IP elevado também reduz a periodicidade de necessidade de manutenção, com refletor de alto rendimento, equipadas com lâmpadas T5-HO (*High Output*) e com balastos eletrónicos.

Nos salões de exposição, e uma vez que os coches são altamente sensíveis às radiações UV, foi calculada uma iluminação geral dos espaços na ordem dos 100-150lux sendo esta iluminação reforçada muito pontualmente com recurso a projetores equipados com filtros adequados e dotados de sistema *Globe*, com *focus* regulável o que permite definir formas com elevada precisão a distâncias consideráveis.

Para suspender os projetores de luz, bem como todos os restantes equipamentos que por necessidades conceptuais não se podem localizar acima do gradil (tais como colunas de som, projetores de vídeo, etc, foi criado um sistema de pendurais desmontáveis, o que permite a sua fácil realocação em qualquer um dos “quadrados” do gradil.



Conciliando questões construtivas com as larguras necessárias para a instalação de condutas de ventilação e outras infraestruturas optou-se pela utilização de paredes interiores falsas de grande espessura por onde se distribuem as várias instalações técnicas necessárias.

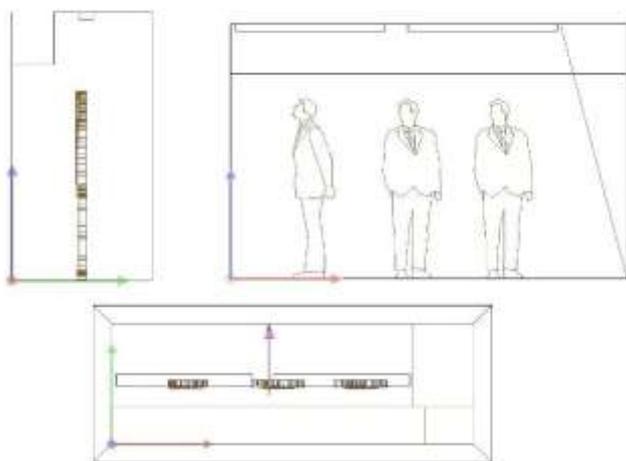
Estas paredes são utilizadas para localizar equipamentos de maiores dimensões como quadros elétricos e alguns equipamentos locais de alimentação e comando, bem como para a instalação das vitrines do museu que se iluminam internamente com recurso a lâmpadas fluorescentes e *LEDs* orientáveis.



A conceção dos elevadores, com especial enfoque nos dois elevadores principais, capazes de transportar 65 pessoas em cada viagem, foi feita considerando que estes representam o “coche do século XXI”, transformando a viagem num primeira exposição das instalações do museu, pela abertura de vãos nas cabines, que permitem ver para o interior do “teto falso”.

No capítulo das telecomunicações foi criada uma rede estruturada em fibra ótica e cabo UTP/ de categoria 6/, que cobre a totalidade dos espaços, permitindo assim que em qualquer altura possa ser implementadas alterações de forma simples, tal como se propõe para os conteúdos da museologia, apresentados através de diversos equipamentos multimédia, sendo a localização destes facilmente adaptável, uma vez que recorrem a soluções centralizadas nos servidores.

No capítulo da segurança, e dado o valor da coleção a expor, bem como a experiência do museu existente, foi implementado um sistema de CCTV parametrizável, o que permite aliar funções de controlo de pessoas e controlo de intrusão, bem como o registo contínuo das imagens dos diversos espaços. Nas salas de exposição as câmaras de CCTV, do tipo DOME, com lentes HD varifocais, permitem a definição de um perímetro em torno de um determinado objeto (por exemplo de um coche!), que se propõe seja coincidente com os elementos do *lettering* do projeto de museologia, em que caso haja uma violação dessa barreira virtual, dá um alarme automático na central de segurança. A implementação deste sistema reduzirá a necessidade de vigilância local, bem como otimizar a vigilância remota.



## INSTALAÇÕES MECÂNICAS

O atual Museu Nacional dos Coches em Lisboa “conserva hoje uma das mais importantes e valiosas coleções do género do mundo” (citando Simonetta Luz Afonso).

O propósito de um museu é o da preservação para as gerações futuras de artefactos, materiais e informação históricas mas, também, o de proporcionar e tornar apelativo o acesso àquele património às gerações presentes.

Os sistemas de climatização assumem um papel importante no alcance dos objetivos acima identificados, já que, podem contribuir para minimizar a degradação do espólio mas, em oposição, se incorretamente parametrizados no que respeita à temperatura e humidade do ar, podem até contribuir para a aceleração da sua degradação.

Diferentes tipos de materiais requerem diferentes níveis ótimos de humidade para a sua conservação. Coleções com diferentes tipos de objetos ou materiais requerem, por isso, uma situação de compromisso quanto ao valor de humidade do ar a garantir. Por outro lado, no caso de coleções que nunca tenham estado sobre um ambiente muito controlado, o controlo muito apertado daqueles parâmetros poderá, até, ser contraproducente.

O projeto Instalações e Equipamentos Mecânicos – AVAC - tem como intuito propor soluções que permitam dotar o novo Museu de sistemas de tratamento ambiente que promovam as condições de conforto nas diversas situações de utilização mas, também, as condições termo higrométricas específicas à conservação do espólio, numa base de compromisso conservação de espólio/conforto humano para os espaços de exposição e armazenamento e restauro, e de conforto térmico do auditório, das áreas de acesso ao museu, das áreas administrativas, dos espaços comerciais e de restauração, assim como, garantir a ventilação normal e de emergência dos espaços que assim o exijam e ainda a produção de água quente sanitária de acordo com as necessidades perspectivadas. Sempre numa perspetiva da otimização energética e dos custos de exploração associados.



## Os sistemas AVAC

A conceção dos sistemas de tratamento ambiente visa, então, responder à diversidade de solicitações térmicas originadas pela funcionalidade das diferentes áreas que compõem o edifício, tão diversas como: espaços de exposição, armazenamento, salas de restauro/oficinas, auditório, espaços administrativos e espaços de restauração.

Nos museus, o controlo de humidade é importante e tem como objetivos principais assegurar que os materiais:

- não absorvem ou não promovem a condensação de água que acelerem reações químicas adversas ou ataque microbológico;
- não desidratem perdendo a sua resistência mecânica e/ou flexibilidade.

O grau de deterioração dos materiais é, não só, função do nível de humidade mas, também, da frequência e do ciclo da sua variação.

Como os valores ideais dos parâmetros, temperatura e humidade, são diferenciados em função dos materiais a conservar e, por outro lado, nem sempre são consensuais, é fundamental que o dono de obra e/ou o conservador da coleção se pronunciem sobre os valores do binómio temperatura/humidade aceitáveis para as áreas de exposição, restauro e armazenamento do Museu dos Coches e sobre as diferentes soluções propostas e dos compromissos assumidos, uma vez que, tal é essencial à validação dos custos associados aos sistemas de climatização mas, também, dos custos associados à arquitetura e restantes especialidades, pelo impacto que algumas alterações naquelas assunções podem representar.

A maioria dos artefactos conserva-se em boas condições para valores de humidade relativa entre 30 e 60 %, desde que a variação entre aqueles extremos seja gradual, isto é, superior a algumas semanas. Refira-se que aqueles valores são perfeitamente compatíveis com o conforto térmico humano.

Por outro lado, um controlo muito rigoroso das condições ambiente, em particular da humidade relativa, tem custos associados muito elevados, quer ao nível do investimento inicial, quer em especial ao nível dos custos de exploração futuros.

Pelo que, propomos algumas concessões de compromisso no sentido de otimizar a relação investimento inicial/ custos de exploração futuros sem, no entanto, descorar os objetivos a que o projeto de AVAC se propõe: conservação de espólio, conforto térmico e qualidade do ar interior.

Os sistemas são concebidos sem sobredimensionamentos e privilegiando a sua centralização, procedendo-se ao adequado escalonamento das potências térmicas requeridas, quer de frio, quer de calor, e a uma cuidada seleção que privilegie a eficiência energética e a inocuidade para com o ambiente.

É tomada em devida consideração a organização funcional dos edifícios, permitindo uma hierarquização adequada dos níveis de tratamento ambiente, também, numa perspetiva de simplicidade da condução e manutenção.

### Sistemas Energéticos

Os sistemas energéticos previstos são em função dos requisitos de controlo de temperatura e humidade, do equilíbrio demonstrado no que se refere às cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento mas, também, à especificidade de exploração dos espaços.

Propomos, como solução base, o recurso a grupos produtores de água refrigerada e aquecida, comercialmente designados por bomba de calor, por condensação a ar, do tipo ar/água.

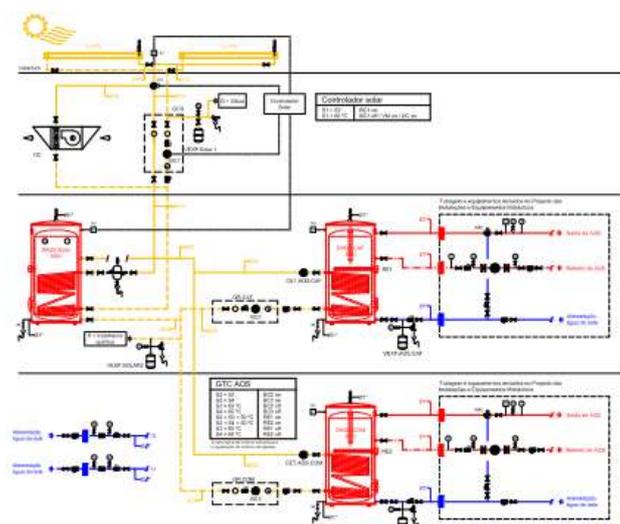
Face à utilização diferenciada, quer temporal, quer funcional, quer, ainda, à possibilidade de exploração por entidades terceiras, estão previstas oito bombas de calor, ainda que, com potências totalmente distintas e funcionamento autónomo. As de maior potência estão associadas ao tratamento ambiente do Pavilhão de Exposições, exceto a cafetaria e reservas que tem dedicado uma outra bomba de calor de pequenas dimensões. As outras quatro bombas de calor são, igualmente, de pequena dimensão e são associadas, respetivamente, ao auditório, à área administrativa, restaurante e à loja do Edifício Anexo.

No caso das duas bombas de calor afetas ao Pavilhão de Exposições, tomando em consideração que estamos perante um edifício com grandes espaços com necessidades de controlo de humidade bastante exigentes, existem, ao longo de todo o ano, necessidades em aquecimento, ainda que residuais na época de arrefecimento, considerámos oportuno o recurso à recuperação da energia de rejeição térmica quente proveniente do arrefecimento do condensador da bomba de calor em versão *chiller*.

Em situação inversa, devida à mesma necessidade de controlo de humidade e a eventuais necessidades em arrefecimento mesmo em período de Inverno, quando a bomba de calor está funcionar em modo de aquecimento, a energia de rejeição térmica fria proveniente do aquecimento do evaporador é, também, objeto de recuperação, aumentando, assim, a eficiência global do sistema energético.

As bombas de calor, em interligação com os diferentes equipamentos, promovem o arrefecimento e aquecimento ambiente e a desumidificação do ar e, ainda, o reaquecimento do ar em período de arrefecimento.

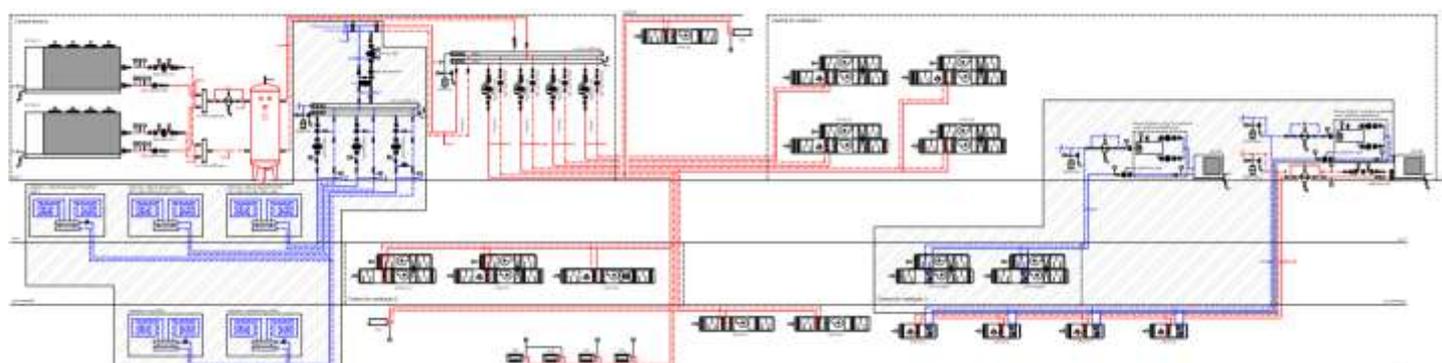
A energia solar é a base da preparação da água quente sanitária de consumo mediante a utilização de painéis solares térmicos, indo ao encontro da legislação nacional, o RSECE, mas também da mais recente Diretiva Europeia no que se refere às metas que se propõe atingir quanto à energia de origem renovável.



### Sistemas Tratamento Ambiente

Os sistemas de tratamento ambiente são concebidos de uma forma integrada visando a eficiência energética e a sustentabilidade, minimizando o seu impacto negativo no ambiente, no sentido de promover:

- as condições de temperatura, humidade e grau de filtragem estabelecidos quer para o conforto térmico humano, quer para conservação de espólio.
- a qualidade do ar ambiente interior, isto é, garantindo uma eficiente ventilação.



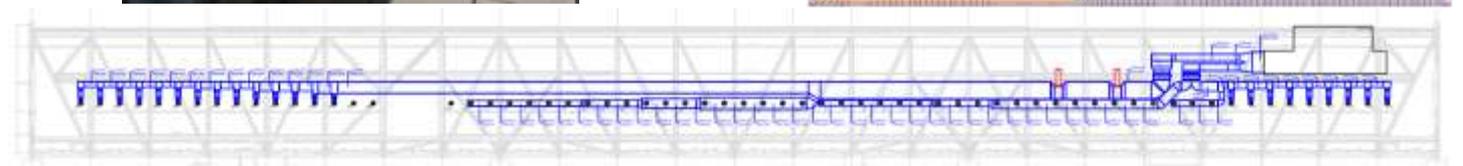
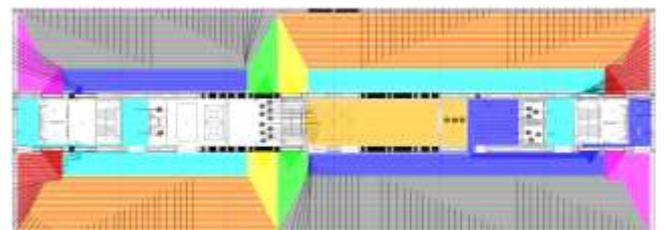
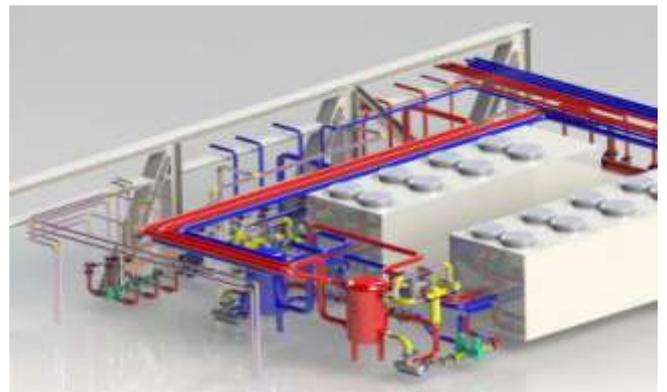
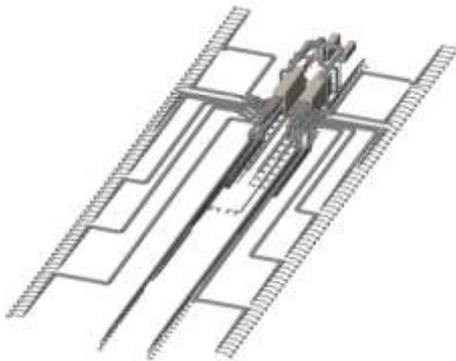
Importa, acima de tudo, simplificar as soluções e otimizar a relação técnico/económica que se refletirá, quer ao nível da redução do investimento inicial, quer, em especial, ao nível da redução dos consumos energéticos e dos custos de exploração futuros.

Sem pretender uma descrição exaustiva dos sistemas previstos, apresenta-se de uma forma sumária as soluções previstas para os espaços mais relevantes no conteúdo do funcional do edifício. Assim, resumidamente:

### Espaços de exposição

Face à geometria dos espaços e em particular ao elevado pé direito, o tratamento ambiente é garantido conjuntamente por pavimentos radiantes e por unidades de tratamento de ar específicas, ambos com funcionamento a temperaturas muito próximas das temperaturas de set-point, diminuindo o *stress* térmico dos materiais expositivos.

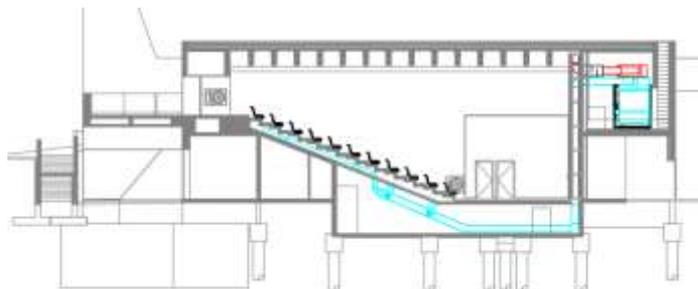
Aquela conjugação à qual se associa a insuflação de ar a um nível relativamente baixo, permite criar um *volume control* onde são garantidas as condições de conforto e não à totalidade do volume dos espaços.



## Auditório

O tratamento ambiente é garantido por uma solução do tipo *displacement* tirando partido da transferência das cargas por convecção natural para níveis superiores não ocupados.

A insuflação de ar termicamente tratado é realizada por sob as cadeiras, a uma velocidade muito reduzida, e com um gradiente de temperatura baixo, garantindo a qualidade do ar interior e a remoção da carga térmica, e a extração é realizada a nível alto.



## Área administrativa e loja

Insuflação de ar novo termicamente tratado, garantindo a qualidade do ar interior e unidades terminais locais para remoção da carga térmica.

## Áreas de restauração e cafetaria

Bombas de calor em associação a unidades de tratamento de ar novo, garantindo o caudal de ar novo requerido para cada espaço por questões higiénicas e a remoção das cargas térmicas.

São, ainda, previstos sistemas de ventilação específicos garantindo-se, assim, a qualidade do ar interior, nomeadamente, mediante a exaustão localizada nas zonas de forte geração de poluentes, tais como, cozinha e cafetaria.

## Controlo das Instalações

Para o controlo das Instalações do Novo Museu dos Coches está previsto um sistema de gestão técnica centralizada (GTC). A adoção de um sistema de GTC permite uma adequação dos sistemas no tempo às reais necessidades do edifício.

Tal traduzir-se-á por uma mais eficiente utilização de energia e a um reduzido desperdício de recursos.



## EQUIPA DE PROJETO

|                 |  |   |
|-----------------|--|---|
| <b>Projeto:</b> | <b>Arquitetura:</b>                        | <b>PMR/MMBB/BAKGORDON</b><br>Paulo Mendes da Rocha<br>Fernando de Mello Franco<br>Marta Moreira<br>Milton Liebenritt de Almeida Braga<br>Ricardo Bak Gordon<br>Nuno Costa |
|                 | <b>Engenharia:</b>                         | <b>AFACONSULT</b>   |
|                 | Coordenação:                               | Rui Furtado<br>Armando Vale   |
|                 | Estruturas:                                | Rui Furtado<br>Armando Vale<br>Filipe Arteiro<br>Miguel Pereira   |
|                 | Inst. Hidráulicas e Redes de Gás:          | Marta Peleteiro<br>Paulo Silva  |
|                 | Inst. Elétricas:                           | Luis Oliveira   |
|                 | Inst. Mecânicas e Certificação Energética: | Isabel Sarmento<br>Bruno Henriques<br>Marco de Carvalho<br>Luísa Vale   |
|                 | Segurança:                                 | Luis Oliveira   |
|                 | Acústica:                                  | Alexandre Correia Lopes (Dblab)<br>Rui Ribeiro (Dblab)<br>Rodrigo Tomás (Dblab)   |
|                 | <b>Arranjos Exteriores:</b>                | <b>PROAP</b><br>João Nunes<br>Inaki zoilo   |
|                 | <b>Projeto Museológico:</b>                | <b>Nuno Sampaio Arquitetos</b><br>Nuno Sampaio  |
|                 | <b>Sinalética:</b>                         | António Queiroz   |

