

Sbo

Sebentas d'Obra Ciclo de construção, do projeto à obra

#30, março 2023

A engenharia no Estádio do Dragão

Porto

Hugo Marques

Editor

Cadernos d'Obra

Diretor

Bárbara Rangel

Coordenação Editorial

Bárbara Rangel

Conceção Gráfica

Teresa Seródio

Texto

Hugo Marques

O texto está escrito sem considerar o acordo ortográfico atual.

Créditos Fotográficos

Arquivo GEG

Impressão

Rainho e Neves

Março 2023

Depósito legal: 336727/11

ISSN 2184-6065

Tiragem: 500 exemplares

Publicação periódica

n.º 30. Ano XII, março 2023

Propriedade

FEUP/DEC

R. Dr. Roberto Frias s/n

4200-465 Porto

Portugal

Tel./fax: + 351 22 508 19 40

cdo@fe.up.pt

É proibida a reprodução sem a autorização escrita dos autores e do editor.

A exatidão da informação, os copyrights das imagens, as fontes das notas de rodapé, bem como a bibliografia, são da responsabilidade dos autores dos artigos, razão pela qual a direção da revista não pode assumir nenhum tipo de responsabilidade em caso de erro ou omissão.

Iniciativa e produção

Departamento de Engenharia Civil da FEUP

Com o apoio de

Universidade do Porto

Câmara Municipal do Porto

Ordem dos Engenheiros Região Norte

A iniciativa “Fora de Portas engenharia civil à mostra”, resulta da colaboração entre o Departamento de Engenharia Civil da FEUP, a Mostra da UP e o Município do Porto. Realiza-se no contexto da iniciativa Porto Innovation Hub (PIH), que pretende envolver os cidadãos e visitantes da Invicta na descoberta da inovação que transformou a cidade nos últimos séculos. Através da visita a locais históricos e infraestruturas emblemáticas do Porto, procura-se demonstrar o impacto direto da inovação na melhoria da qualidade de vida dos cidadãos. O PIH é uma iniciativa do Município do Porto que pretende ser uma plataforma para o fortalecimento do ecossistema de inovação e empreendedorismo da cidade, contribuindo desta forma para que o Porto se possa destacar no panorama nacional e internacional como uma cidade inovadora e criativa. O PIH propõe a criação de um espaço de experimentação e laboratório vivo, potenciando cenários e oportunidades de desenvolver novos produtos, métodos ou conceitos à escala urbana, contribuindo, assim, para a cultura de transformação para a inovação.

A engenharia no Estádio do Dragão

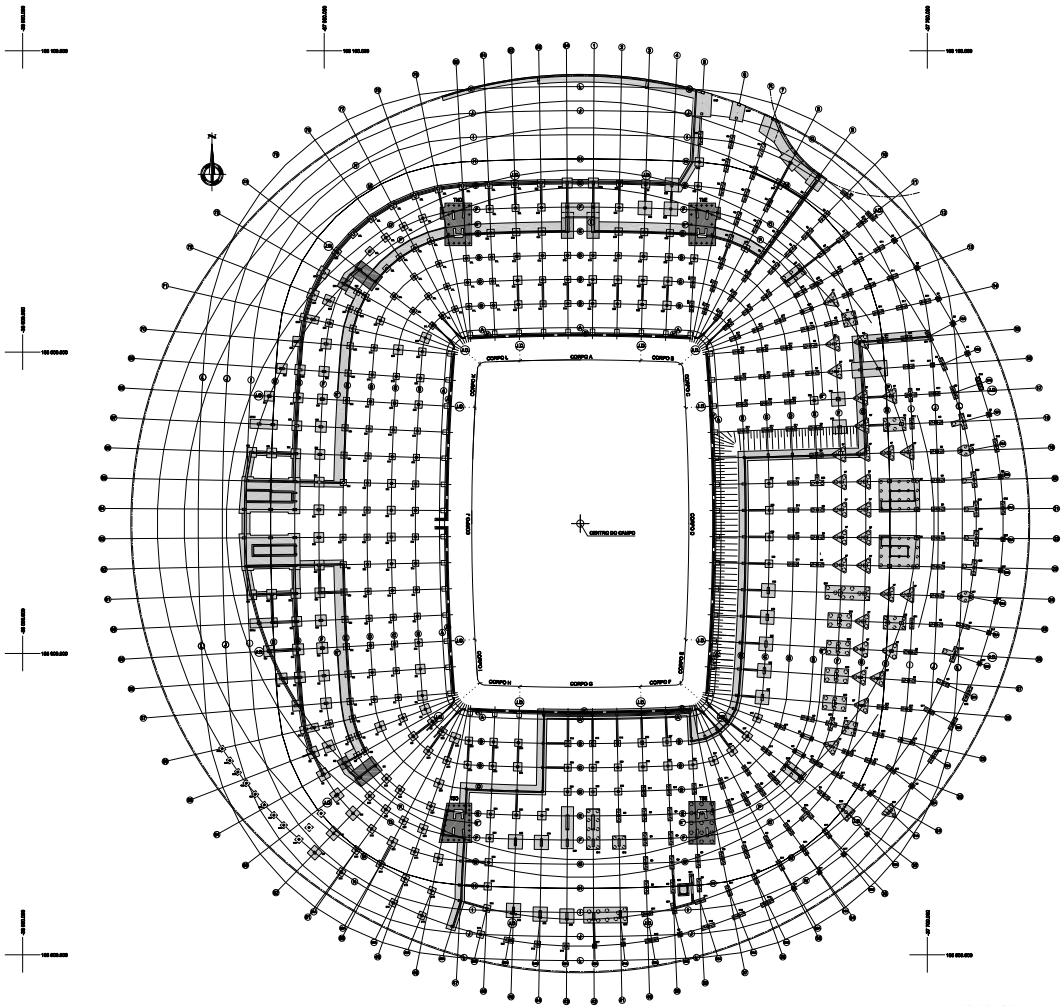
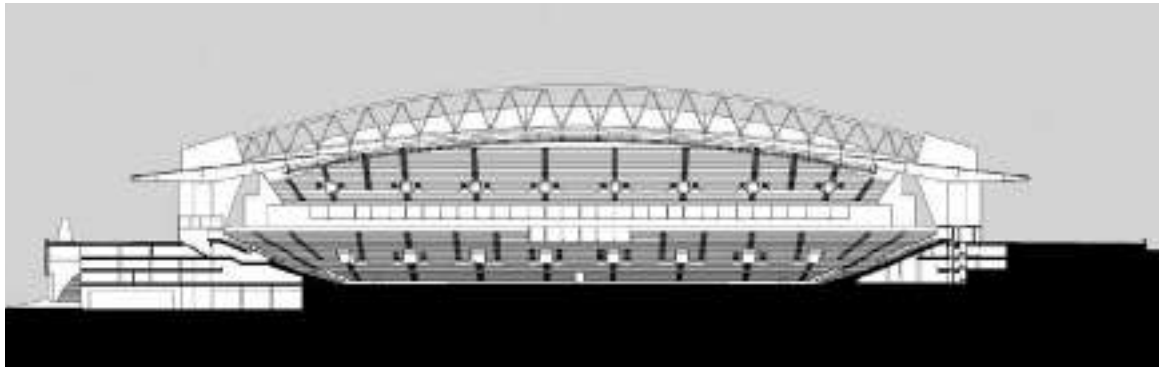


O Estádio do Dragão é um equipamento âncora do projecto de reabilitação urbana da zona das Antas na cidade do Porto e corresponde à concretização do conceito de equipamento desportivo, lúdico, recreativo e comercial. A sua utilização não se limita à realização periódica de jogos de futebol. Este espaço procura captar diferentes populações através da oferta de uma grande diversidade de actividades exercidas nas melhores condições, podendo desatacar-se os espaços comerciais e de serviços, a clínica, o health-club e o museu, estando todos estes espaços integrados num único edifício multiusos concebido para os receber.

Tendo passado quinze anos a após a sua inauguração o Estádio do Dragão provou ser indiscutivelmente uma nova centralidade integrada no projecto de reabilitação urbana da zona das Antas na cidade do Porto, sendo ambos os projectos da autoria do Arq.^o Manuel Salgado.

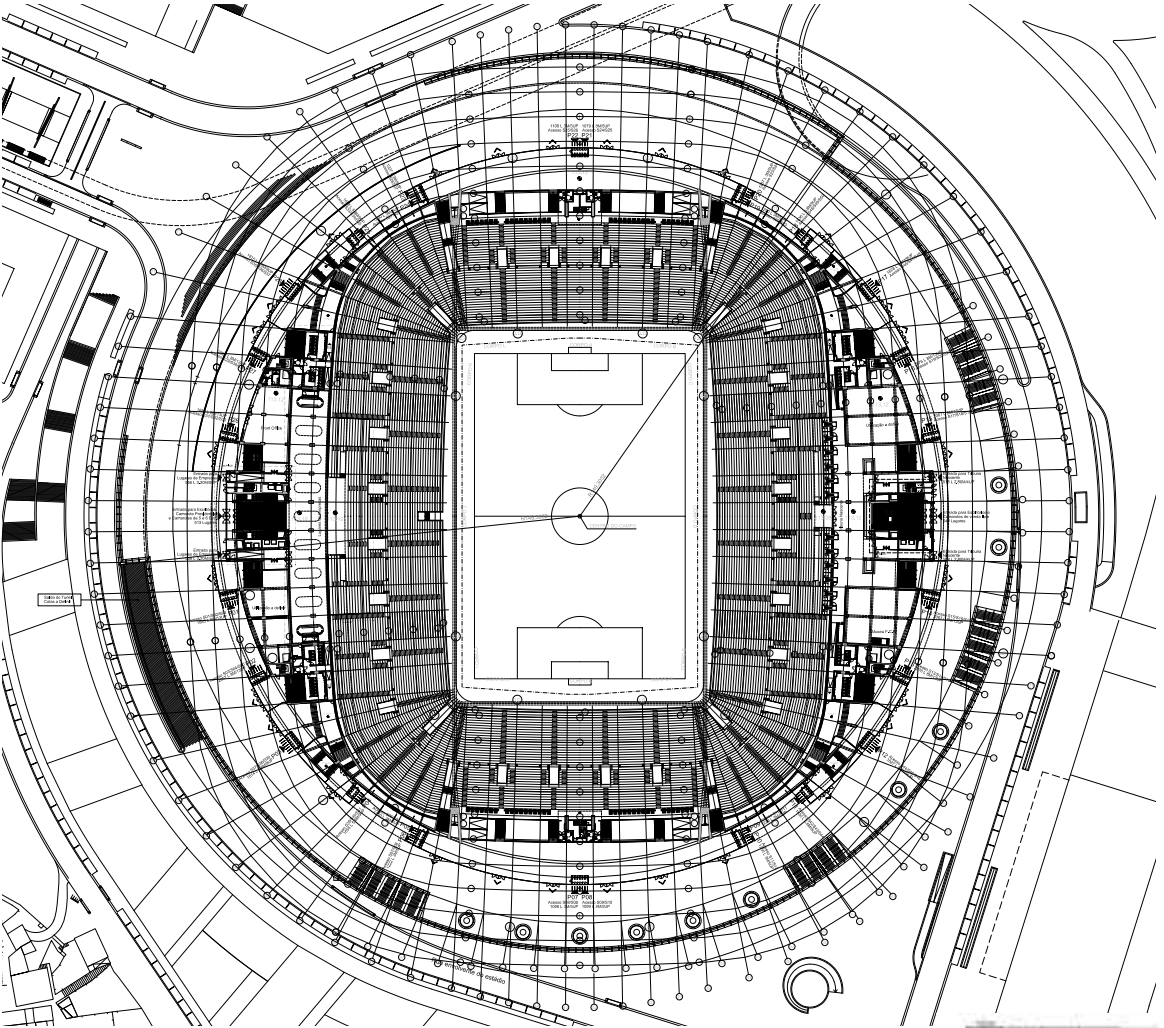
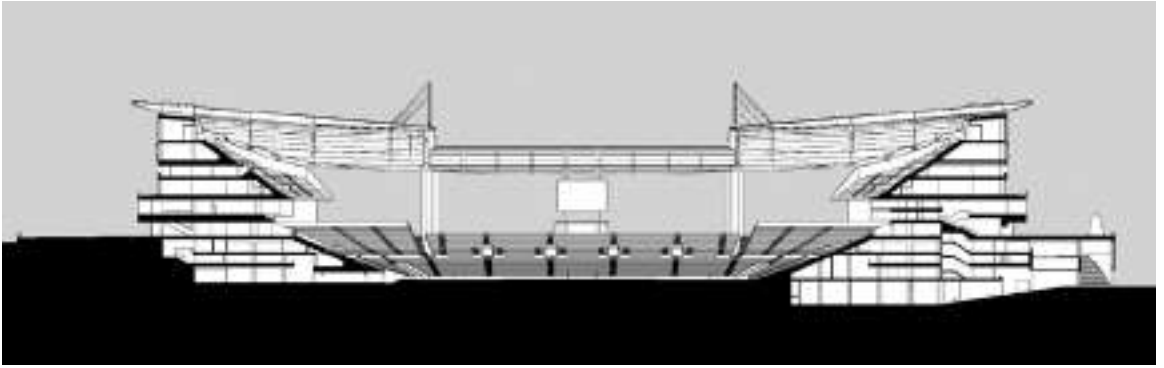
O Estádio do Dragão é um equipamento de grande importância urbana no redesenho da zona das Antas. Para reduzir o impacto da sua escala face aos edifícios envolventes, a implantação do Estádio tira partido das particulares condições declivosas do terreno. A alameda, os principais caminhos pedonais, a estação de metro, as paragens de autocarro e as saídas dos parques de





Corte Sul/Norte
Implantação geral das fundações





Corte poente/nascente
Piso 0

estacionamento convergem numa grande praça circular que serve de base à implantação do estádio.

A solução de 'escavar' a bancada inferior na praça permitiu reduzir a cerca de metade a massa aparente do estádio, já que este elemento funciona como uma plataforma encaixada no terreno, a meia cota entre o topo da alameda e a zona baixa no contacto com a VCI (via circular interna do Porto).

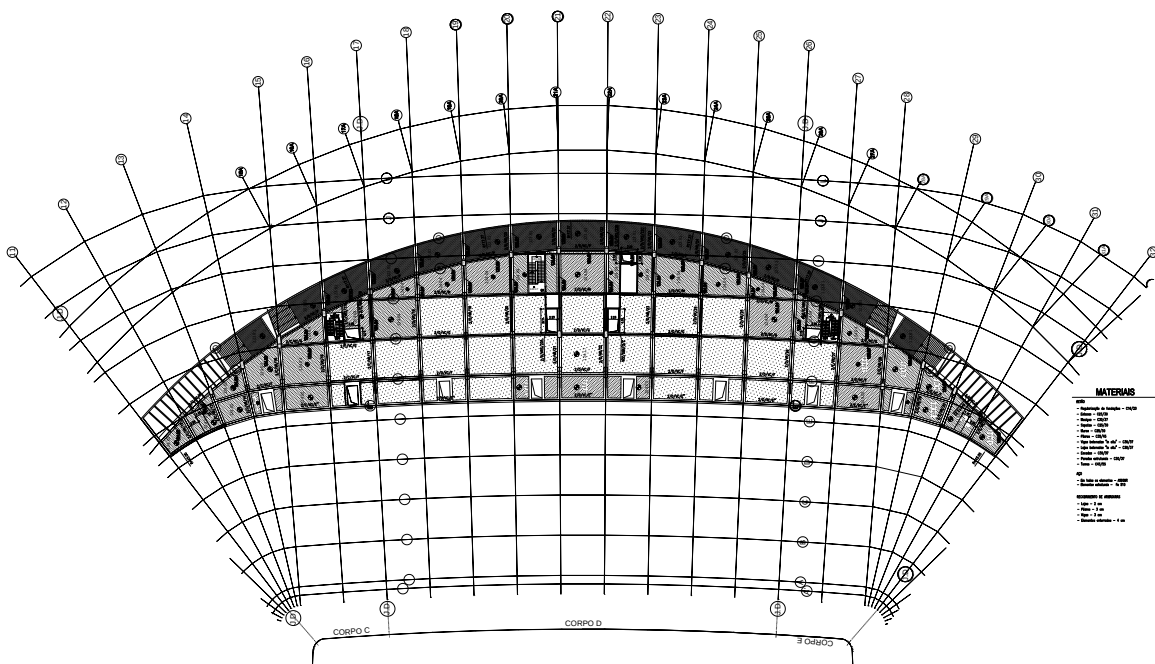
As bancadas superiores, que limitam o campo a Nascente e a Poente, estão descoladas da praça e desenhadas como edifícios isolados. Ao abrir as cabeceiras (topos norte e sul) ao nível da praça, permite-se a criação de aberturas com vistas para a cidade o que contribui para atenuar o impacte urbano do edifício.

Descrição da arquitectura - Texto obtido em <https://www.risco.org>

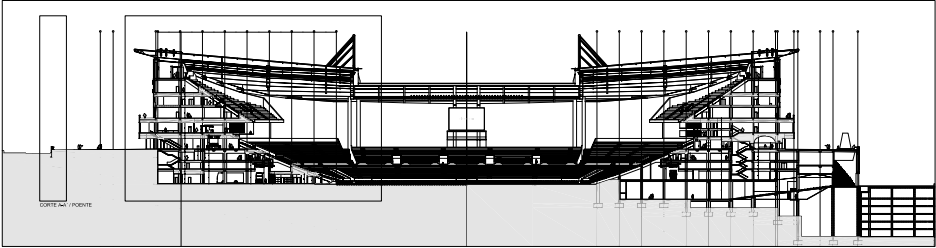
O projecto de estruturas foi realizado pelos gabinetes GEG, Gabinete de Estruturas e Geotecnia Lda. responsável pelo projecto de estruturas de betão armado e fundações e GRID, Consultas Estudos e Projectos de Engenharia Lda. que desenvolveu o projecto da cobertura.



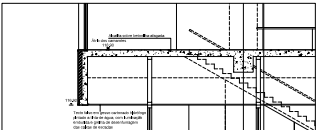
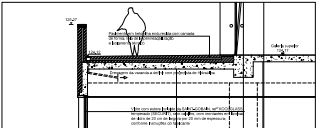
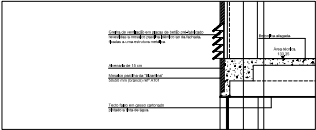
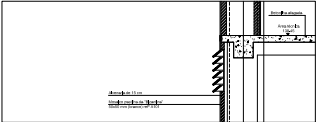
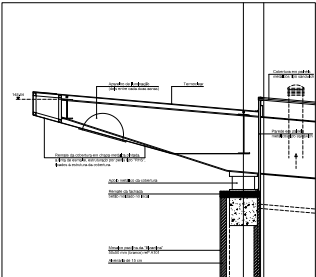
O estádio tem uma capacidade para 50.948 espectadores distribuídos numa área de bancada coberta de 32.400 m², com 1.177 lugares de estacionamento. Na sua execução foram empregues 69.500 m³ betão, 11.800 toneladas de aço em armaduras, 89.100.000 kNm em pré-esforço, 106.400 m² de pré-lajes e 25.000 m lineares de elementos de bancada pré-fabricados.



Planta estrutural piso 2, nascente



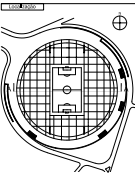
CORTE 144 - ESCALA 1:500



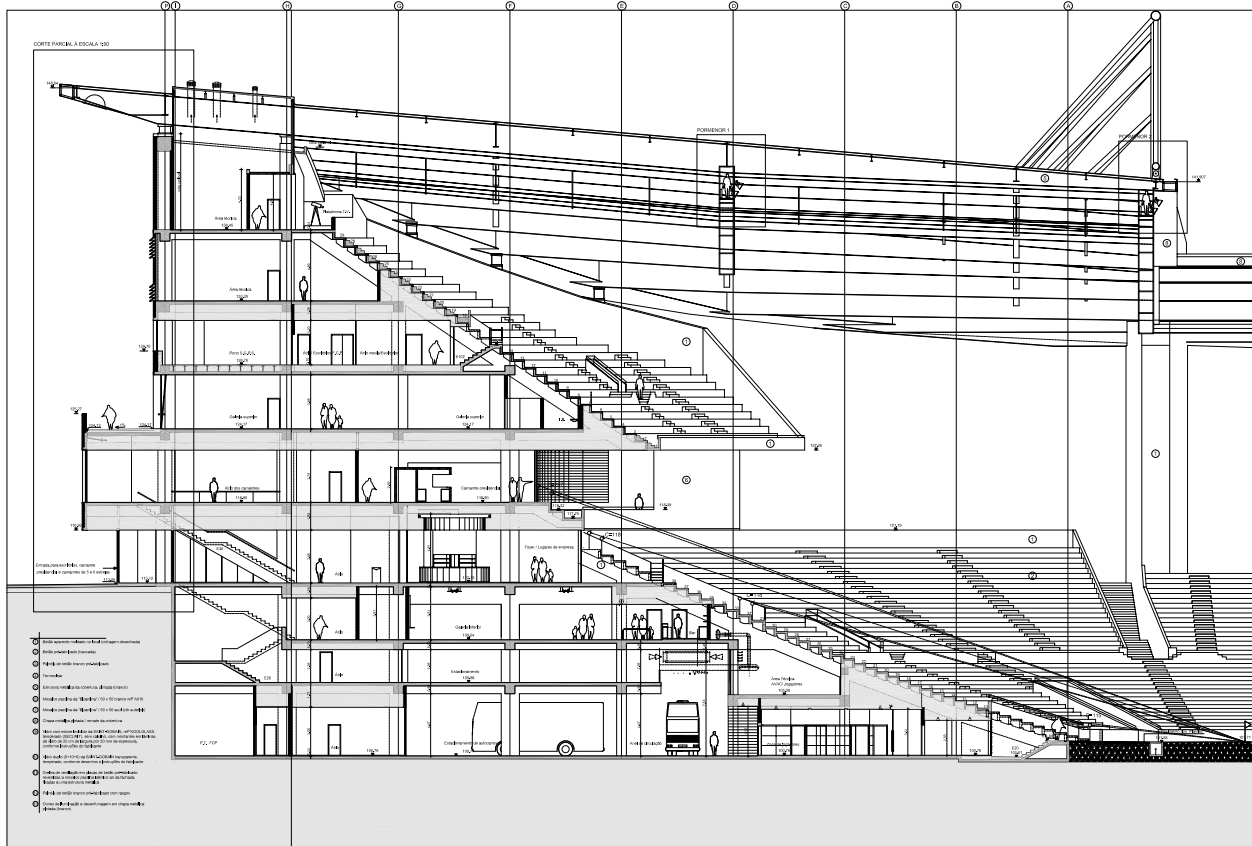
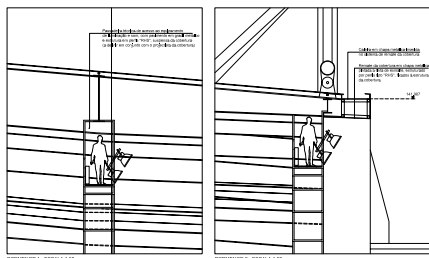
CORTE 144 - ESCALA 1:500



CORTE 144 - ESCALA 1:500



Corte A



Descrição da estrutura

O estádio é um edifício com 6 pisos acima do nível da Praça (Piso 0) e quatro pisos enterrados tanto na bancada Nascente como Sul.

As estruturas de betão resistentes do estádio são essencialmente constituídas por conjuntos de pórticos principais distribuídos radialmente, afastados de 8.5 m no intradorso até 10.5 m na periferia, compostos por pilares e vigas de betão armado que suportam os pavimentos e as bancadas, sendo, neste último caso, vigas inclinadas.

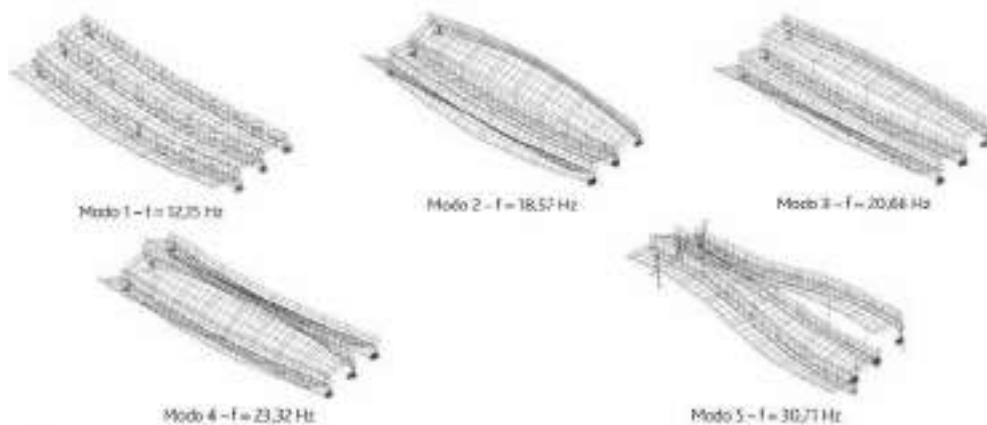
Este conjunto de pórticos é ligado entre si por vigas horizontais circunferenciais ao nível dos pavimentos, que contribuem para o suporte destes e formam em planta um sistema estrutural de grelha plana.

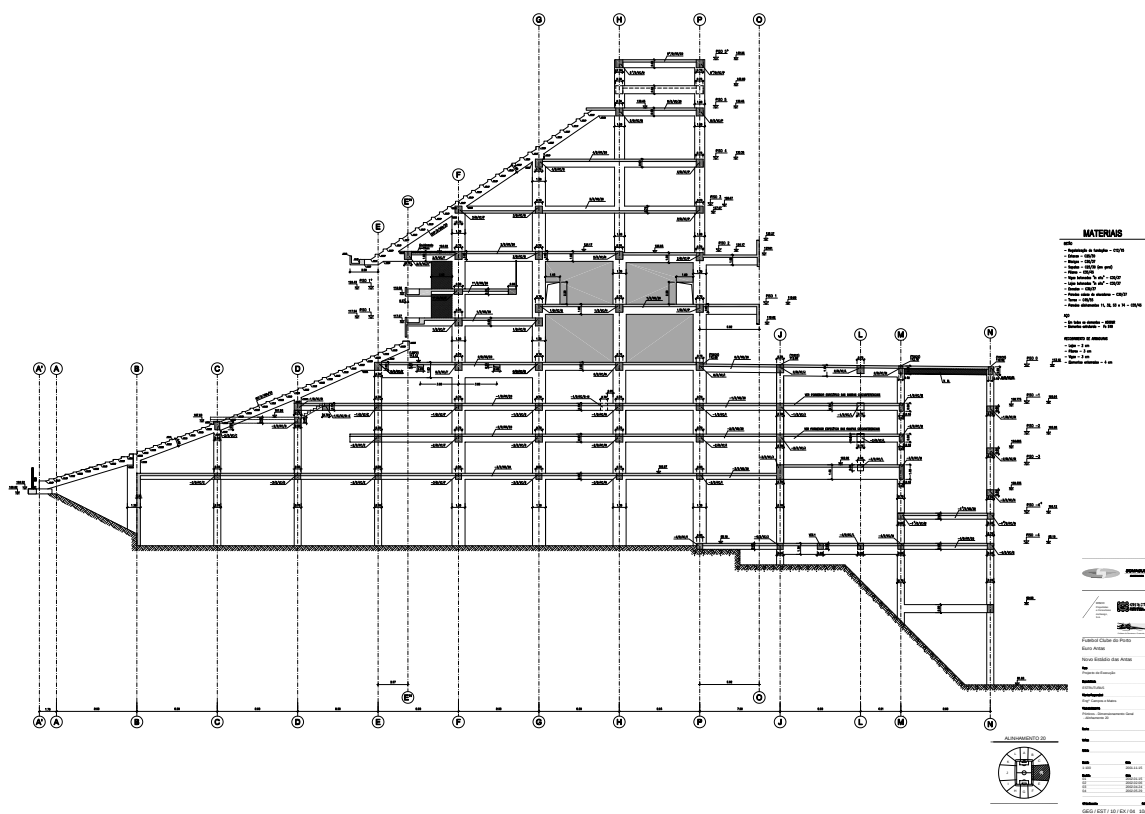
Sem prejuízo da resistência sísmica das estruturas e com o objectivo de, em condições de serviço, minimizar os efeitos associados à retracção do betão e às variações de temperatura regulamentares, a estrutura do estádio é dividida em 12 corpos separados por juntas de dilatação, o maior dos quais tem 90x90m, justificando especial atenção na consideração das referidas acções.

A solução dos pavimentos consiste em lajes maciças integrando painéis pré-fabricados pré-esforçados, de espessura reduzida, sobre os quais é betonada uma camada complementar de betão para completar a espessura final da laje de 24 cm.

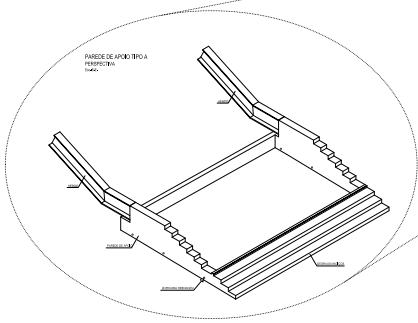
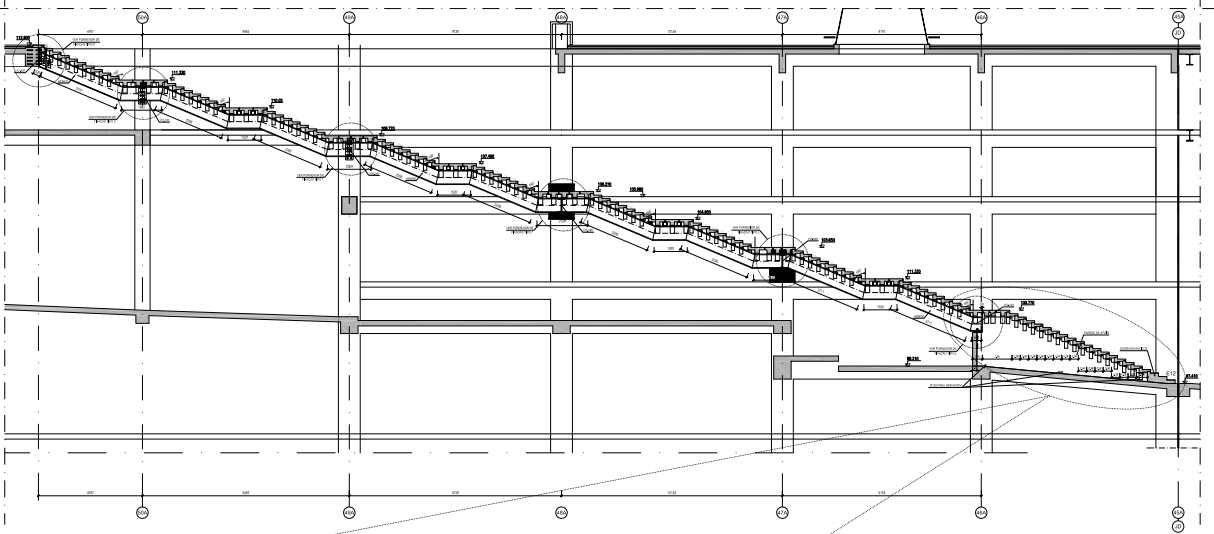
Os elementos que constituem as bancadas são elementos pré-fabricados de betão. Estão apoiados nas vigas inclinadas integradas nos pórticos radiais, com um vão que varia à medida que o afastamento entre pórticos aumenta para a periferia. As zonas dos vomitórios foram também construídas por elementos pré-fabricados específicos que apoiam numa grelha de vigas própria.

As torres para suporte das treliças metálicas principais da cobertura estão localizadas nos quatro cantos e integram-se nos respectivos corpos estruturais formando, com os pórticos envolventes, um sistema estrutural pórtico-parede tridimensional. Para apoio da estrutura da cobertura existem ainda nos topos Norte e Sul dois pilares-parede, os quais se integram nos respectivos pórticos radiais.





Parâmetros midais numéricos
Pórticos



Implantação e Fundações

A localização do estádio interferiu significativamente com a morfologia do terreno e com os maciços graníticos heterogêneos característicos do Porto. Assim, a encosta fortemente inclinada obrigou, por um lado, à realização de grandes volumes de escavação (1.350.000 m³), boa parte em rocha, para implantação das bancadas Poente e Norte, enquanto, para a realização das bancadas Nascente e Sul, foi necessário criar plataformas de aterro.

Em termos de fundações, refira-se que em parte significativa do estádio foi possível tirar partido das elevadas resistências do maciço rochoso – realizando fundações na rocha mas, em contrapartida, nas bancadas Nascente e Sul foi necessária uma mobilização indirecta do maciço rochoso através de estacas que chegaram a atingir duas dezenas de metros de comprimento.

Este cenário geológico-geotécnico tão heterogêneo torna a determinação prévia da fronteira entre soluções de fundação extremamente complexa. Em resultado deste facto, houve necessidade de recorrer nas zonas de transição a fundações semi-profundas e a poços de fundação.

Atendendo às características especiais dos esforços na base das torres – que se caracterizam por significativa alternância de esforços, sob efeito ou não, de vento e sobrecargas – houve necessidade de mobilizar também a resistência à tracção do maciço de fundação que, na concepção projectada, é realizada de duas formas diferentes: através de fundações indirectas com 15 estacas de 1.20 m de diâmetro, e por fundações directas através da mobilização integral do peso do maciço granítico sub-adjacente, conseguido pelo emprego de microestacas injectadas.





	Altre - lista ridotta e lista con riduzione di un di sei caratteri senza un elemento		Sequenze estese
	Sequenze di due cifre e di due zeri e presenza, per ogni cifra, due		Sequenze comprese
	Sequenze di due cifre, due zeri		Sequenze comprese con eliminazione
	Sequenze di due cifre, due zeri		Perfezione
	Altre di sequenze		Una lettera (left)
	Altre di sequenze		Una lettera (right)
	Una sequenza prescelta		

NOTA

As fundações do topo Sul estão previstas em estacas a partir do alinhamento D, mas poderão ser executadas como fundações superficiais, após confirmação do terreno competente no local (vide Fox ref. FOP-HM-02).

Tabela 1. Características físicas e químicas da água de consumo			
		Solo poeireiro	Solo poeireiro
FÍSICO-QUÍMICO	Amo. - amo. estáv. a 1 m de profundidade do solo		
	Al (mg/L)	0	0
	Fe (mg/L)	-	-
	$pH_{amo.}$	<6,0	6,0-6,5
	Condutividade (µS/cm)	<600	<600
	Clorofila (µg/L)	2,04E-05	2,0-6,0E-05
	Clorofila (µg/L)	-	-
	Clorofila (µg/L)	-	-
	Clorofila (µg/L)	-	-
	Clorofila (µg/L)	-	-
BIOLOGICO	Contagem	Contagem	Contagem
	Indicador	Indicador	Indicador

			
LEITURA	Subst. profeta	Quem de Deus vive, o mundo não vê. Quem de Deus vive, o mundo não vê. Quem de Deus vive, o mundo não vê.	Quem de Deus vive, o mundo não vê. Quem de Deus vive, o mundo não vê. Quem de Deus vive, o mundo não vê.
ALFABETIZAÇÃO	M	90-91	92-93
PRÁTICA LINGUAGEM	M	92-93	93-94
Psic.	Com. profeta (clima)	94-95	95-96
PSICOLOGIA E PSICOPEDAGOGIA	96-97	97-98	98-99
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	100-101	101-102	102-103
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	103-104	104-105	105-106
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	106-107	107-108	108-109
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	109-110	110-111	111-112
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	112-113	113-114	114-115
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	115-116	116-117	117-118
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	118-119	119-120	120-121
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	121-122	122-123	123-124
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	124-125	125-126	126-127
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	127-128	128-129	129-130
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	130-131	131-132	132-133
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	133-134	134-135	135-136
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	136-137	137-138	138-139
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	139-140	140-141	141-142
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	142-143	143-144	144-145
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	145-146	146-147	147-148
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	148-149	149-150	150-151
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	151-152	152-153	153-154
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	154-155	155-156	156-157
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	157-158	158-159	159-160
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	160-161	161-162	162-163
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	163-164	164-165	165-166
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	166-167	167-168	168-169
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	169-170	170-171	171-172
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	172-173	173-174	174-175
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	175-176	176-177	177-178
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	178-179	179-180	180-181
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	181-182	182-183	183-184
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	184-185	185-186	186-187
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	187-188	188-189	189-190
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	190-191	191-192	192-193
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	193-194	194-195	195-196
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	196-197	197-198	198-199
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	199-200	200-201	201-202
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	202-203	203-204	204-205
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	205-206	206-207	207-208
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	208-209	209-210	210-211
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	211-212	212-213	213-214
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	214-215	215-216	216-217
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	217-218	218-219	219-220
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	220-221	221-222	222-223
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	223-224	224-225	225-226
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	226-227	227-228	228-229
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	229-230	230-231	231-232
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	232-233	233-234	234-235
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	235-236	236-237	237-238
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	238-239	239-240	240-241
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	241-242	242-243	243-244
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	244-245	245-246	246-247
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	247-248	248-249	249-250
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	250-251	251-252	252-253
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	253-254	254-255	255-256
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	256-257	257-258	258-259
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	259-260	260-261	261-262
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	262-263	263-264	264-265
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	265-266	266-267	267-268
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	268-269	269-270	270-271
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	271-272	272-273	273-274
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	274-275	275-276	276-277
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	277-278	278-279	279-280
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	280-281	281-282	282-283
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	283-284	284-285	285-286
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	286-287	287-288	288-289
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	289-290	290-291	291-292
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	292-293	293-294	294-295
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	295-296	296-297	297-298
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	298-299	299-300	300-301
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	301-302	302-303	303-304
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	304-305	305-306	306-307
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	307-308	308-309	309-310
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	310-311	311-312	312-313
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	313-314	314-315	315-316
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	316-317	317-318	318-319
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	319-320	320-321	321-322
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	322-323	323-324	324-325
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	325-326	326-327	327-328
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	328-329	329-330	330-331
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	331-332	332-333	333-334
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	334-335	335-336	336-337
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	337-338	338-339	339-340
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	340-341	341-342	342-343
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	343-344	344-345	345-346
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	346-347	347-348	348-349
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	349-350	350-351	351-352
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	352-353	353-354	354-355
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	355-356	356-357	357-358
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	358-359	359-360	360-361
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	361-362	362-363	363-364
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	364-365	365-366	366-367
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	367-368	368-369	369-370
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	370-371	371-372	372-373
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	373-374	374-375	375-376
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	376-377	377-378	378-379
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	379-380	380-381	381-382
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	382-383	383-384	384-385
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	385-386	386-387	387-388
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	388-389	389-390	390-391
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	391-392	392-393	393-394
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	394-395	395-396	396-397
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	397-398	398-399	399-400
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	400-401	401-402	402-403
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	403-404	404-405	405-406
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	406-407	407-408	408-409
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	409-410	410-411	411-412
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	412-413	413-414	414-415
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	415-416	416-417	417-418
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	418-419	419-420	420-421
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	421-422	422-423	423-424
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	424-425	425-426	426-427
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	427-428	428-429	429-430
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	430-431	431-432	432-433
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	433-434	434-435	435-436
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	436-437	437-438	438-439
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	439-440	440-441	441-442
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	442-443	443-444	444-445
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	445-446	446-447	447-448
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	448-449	449-450	450-451
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	451-452	452-453	453-454
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	454-455	455-456	456-457
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	457-458	458-459	459-460
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	460-461	461-462	462-463
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	463-464	464-465	465-466
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	466-467	467-468	468-469
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	469-470	470-471	471-472
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	472-473	473-474	474-475
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	475-476	476-477	477-478
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	478-479	479-480	480-481
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	481-482	482-483	483-484
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	484-485	485-486	486-487
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	487-488	488-489	489-490
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	490-491	491-492	492-493
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	493-494	494-495	495-496
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	496-497	497-498	498-499
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	499-500	500-501	501-502
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	502-503	503-504	504-505
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	505-506	506-507	507-508
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	508-509	509-510	510-511
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	511-512	512-513	513-514
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	514-515	515-516	516-517
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	517-518	518-519	519-520
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	520-521	521-522	522-523
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	523-524	524-525	525-526
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	526-527	527-528	528-529
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	529-530	530-531	531-532
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	532-533	533-534	534-535
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	535-536	536-537	537-538
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	538-539	539-540	540-541
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	541-542	542-543	543-544
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	544-545	545-546	546-547
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	547-548	548-549	549-550
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	550-551	551-552	552-553
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	553-554	554-555	555-556
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	556-557	557-558	558-559
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	559-560	560-561	561-562
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	562-563	563-564	564-565
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	565-566	566-567	567-568
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	568-569	569-570	570-571
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	571-572	572-573	573-574
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	574-575	575-576	576-577
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	577-578	578-579	579-580
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	580-581	581-582	582-583
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	583-584	584-585	585-586
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	586-587	587-588	588-589
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	589-590	590-591	591-592
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	592-593	593-594	594-595
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	595-596	596-597	597-598
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	598-599	599-600	600-601
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	601-602	602-603	603-604
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	604-605	605-606	606-607
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	607-608	608-609	609-610
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	610-611	611-612	612-613
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	613-614	614-615	615-616
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	616-617	617-618	618-619
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	619-620	620-621	621-622
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	622-623	623-624	624-625
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	625-626	626-627	627-628
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	628-629	629-630	630-631
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	631-632	632-633	633-634
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	634-635	635-636	636-637
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	637-638	638-639	639-640
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	640-641	641-642	642-643
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	643-644	644-645	645-646
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	646-647	647-648	648-649
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	649-650	650-651	651-652
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	652-653	653-654	654-655
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	655-656	656-657	657-658
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	658-659	659-660	660-661
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	661-662	662-663	663-664
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	664-665	665-666	666-667
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	667-668	668-669	669-670
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	670-671	671-672	672-673
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	673-674	674-675	675-676
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	676-677	677-678	678-679
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	679-680	680-681	681-682
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	682-683	683-684	684-685
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	685-686	686-687	687-688
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	688-689	689-690	690-691
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	691-692	692-693	693-694
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	694-695	695-696	696-697
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	697-698	698-699	699-700
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	700-701	701-702	702-703
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	703-704	704-705	705-706
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	706-707	707-708	708-709
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	709-710	710-711	711-712
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	712-713	713-714	714-715
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	715-716	716-717	717-718
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	718-719	719-720	720-721
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	721-722	722-723	723-724
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	724-725	725-726	726-727
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	727-728	728-729	729-730
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	730-731	731-732	732-733
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	733-734	734-735	735-736
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	736-737	737-738	738-739
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	739-740	740-741	741-742
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS	742-743</		

100% Aumento de renda e 100% Aumento de produtividade







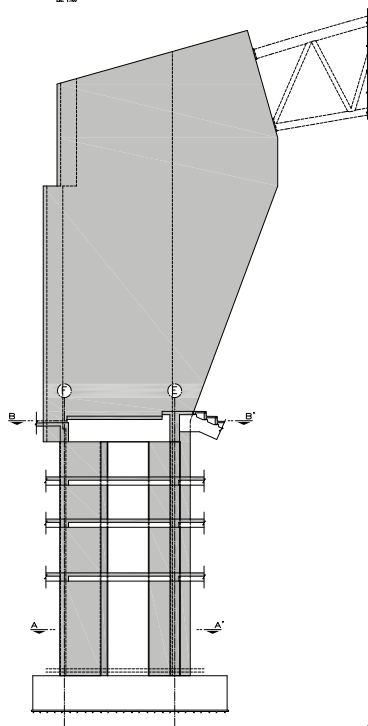
As ações do vento foram quantificadas por ensaios em túnel de vento (escala 1/200) e os resultados foram introduzidos nos modelos numéricos das estruturas para realizar as análises dinâmicas. O Eurocódigo 3 (EC3) foi adotado para o projeto de estruturas de aço. A máxima rajada vento foi considerada com velocidades da ordem de 40 a 44 m/s.

A resposta dinâmica à ação do vento foi obtida tendo em consideração as características da estrutura e as frequências de ressonância. A estrutura da cobertura, tem uma frequência fundamental de 1,123 Hz. A máxima deformação vertical avaliada sob ação extrema do vento foi de 132 mm.

Adaptado de Structural Engineering International 2/2005

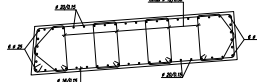
LOCALIZAÇÃO DOS CORTE

Des. 1/50



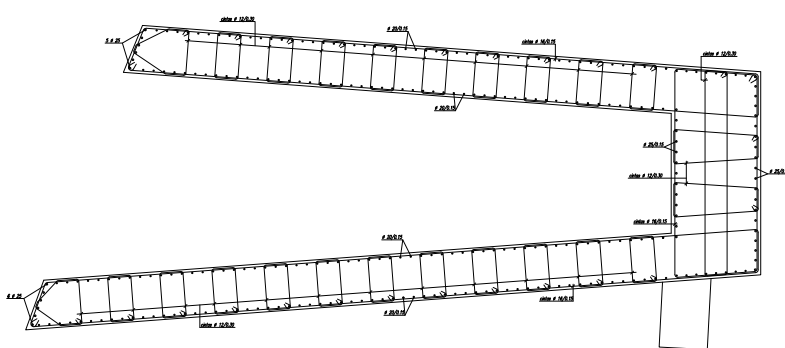
SEÇÃO A-A'

Des. 1/50



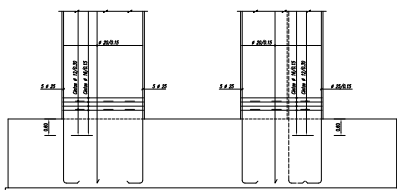
SEÇÃO B-B'

Des. 1/50



ARRANQUE DE ARMADURAS NA FUNDAÇÃO

Des. 1/50



MATERIAIS

- REDO**
- Revestimento de fundações - C15/15
 - Matéria de acabamento de interiores - C20/25
 - Estrutura - C25/30
 - Isolante - C25/30
 - Placas - C25/30
 - Vigas - C25/30
 - Vigas pré-moldadas com alçofões 41 e 45 - C25/30
 - Torres - C45/50

- ACQ**
- Armaduras convencionais - A500HR
 - Armaduras de soldadura - A500HR
 - Aço de baixa resistência - $f_{yk} > 1800$ N/mm²
 - $f_{yk} > 1800$ N/mm²

- RECOBRIMENTO DE ARMADURAS**
- Placas - 3 cm
 - Vigas - 3 cm
 - Isolante - 5 cm
 - Elementos exteriores - 4 cm
 - Matéria de acabamento - 5 cm

Montagem da cobertura

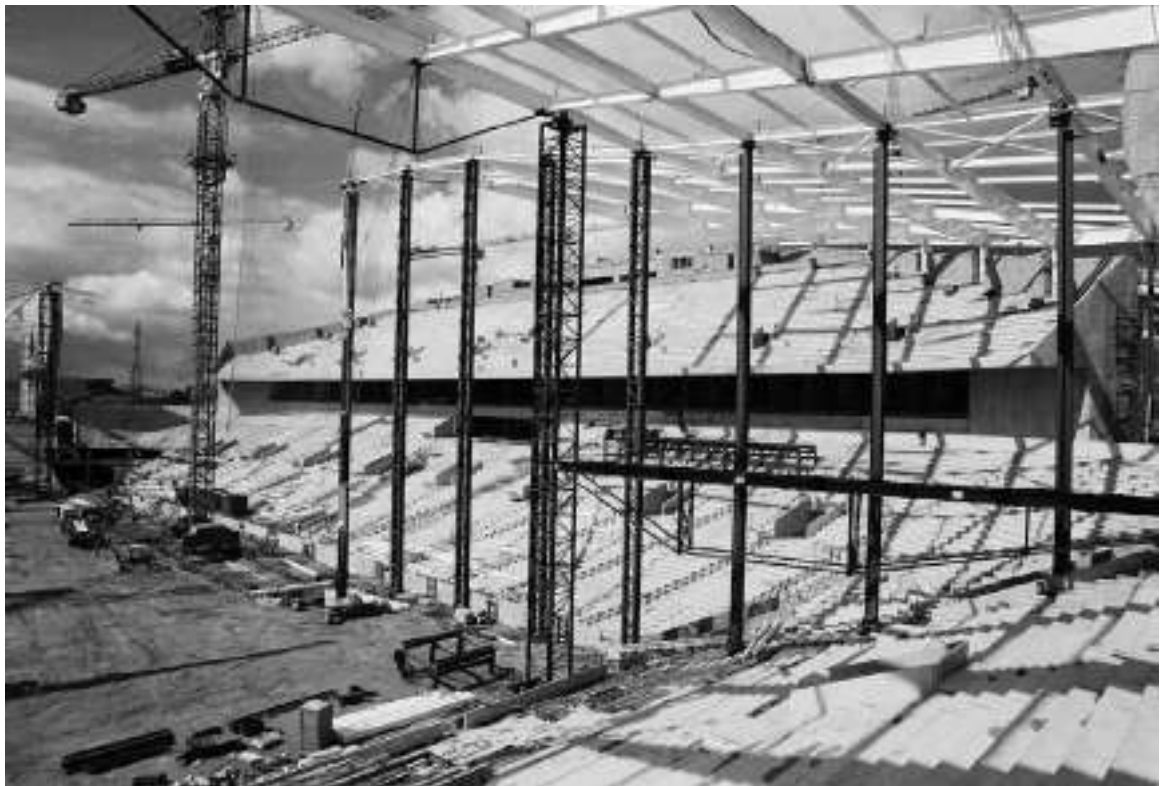
O aspecto de construção mais complexo foi a construção do telhado. A contra flecha foi introduzida para compensar as deflexões devido ao peso próprio da cobertura.

Durante a construção apenas os nós nas secções finais das vigas principais, isto é, na abertura interna rectangular, eram suportados em colunas temporárias. De particular relevância no plano de montagem foi a remoção destes suportes temporários sob os arcos. Para garantir os valores iniciais de projecto das forças de reacção dos arcos, foram usados macacos hidráulicos na conexão das cordas inferiores à torre de betão para ajustar a geometria e as forças antes que uma argamassa de alta resistência fosse estabelecida entre as placas de suporte e o betão.

Um sistema de monitoramento foi adoptado durante a montagem. Os valores calculados e medidos para os deslocamentos nodais dos arcos estiveram em boa concordância.

Adaptado de Structural Engineering International 2/2005









Dinâmica

Em estruturas onde seja possível concentrar multi-dões, tais como passadiços e bancadas de estádios, as sobrecargas devem-se quase inteiramente à actividade humana, onde os movimentos dos utilizadores induzem forças com componentes horizontais e verticais.

Verifica-se actualmente a tendência para a realização de espaços abertos com poucos apoios, o que resulta em pisos de grande vão e com uma rigidez reduzida, implicando uma redução da frequência própria da estrutura para valores que podem ser comparáveis com aqueles da frequência do movimento das multidões, tornando assim a estrutura suscetível às acções dinâmicas induzidas pelos seus utilizadores.

Por outro lado é actualmente evidente uma mudança de comportamento da assistência de acontecimentos públicos que se caracteriza por ser mais participativo e entusiasmado. Isto verifica-se quer em salas de espectáculo, quer em estádios onde, além da existência dos estímulos visuais e auditivos utilizados nos novos estádios, se constata a existência de “claques” organizadas que incentivam as manifestações do público. É ainda de referir a utilização destes espaços para a realização de concertos, o que torna mais provável a existência de níveis significativos de sincronização da actividade dinâmica produzida pela audiência. A comprovação deste facto levou à limitação da realização destes eventos em alguns estádios ou ao reforço da sua estrutura. Estes exemplos servem para ilustrar a importância de se obter uma descrição correcta das cargas geradas por pessoas e a necessidade de levar em consideração, no



projecto, os efeitos dinâmicos que estas cargas podem gerar de forma a assegurar tanto a integridade estrutural como um satisfatório funcionamento em serviço.

Uma acção considera-se dinâmica quando a sua variação no tempo é tal que os efeitos da inércia da massa da estrutura não podem ser negligenciados no estudo do comportamento estrutural. No caso das estruturas suscetíveis de estarem sujeitas a acções dinâmicas induzidas pelos utilizadores, dada a sua natureza particular, poderá ainda haver um nível significativo de interacção entre a estrutura e o conjunto dos seus utilizadores. Estes não somente fornecem massa adicional mas servem também para adicionar amortecimento à estrutura, o que tem um efeito positivo no controlo de vibrações. Assim são necessários modelos físicos fiáveis, quer da estrutura, quer da acção induzida, para permitir uma análise do seu comportamento dinâmico.

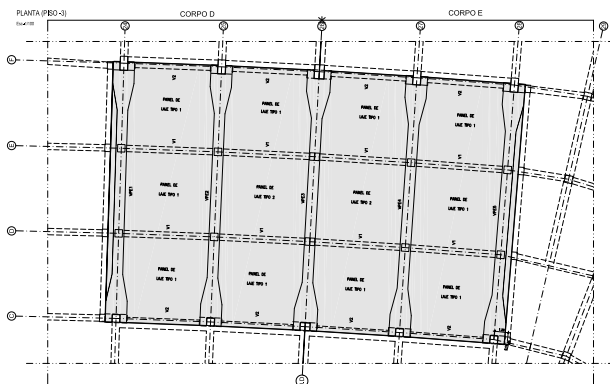
As sobrecargas usadas no dimensionamento de estruturas são geralmente especificadas para serem aplicadas como forças estáticas equivalentes, sendo implícito que os valores incluem uma força estática ponderada mais um agravamento dos eventuais efeitos dinâmicos induzidos. Estes valores de cálculo foram desenvolvidos com o objectivo de serem utilizados na verificação do estado limite último, não sendo adequados, contudo, para a verificação em serviço.

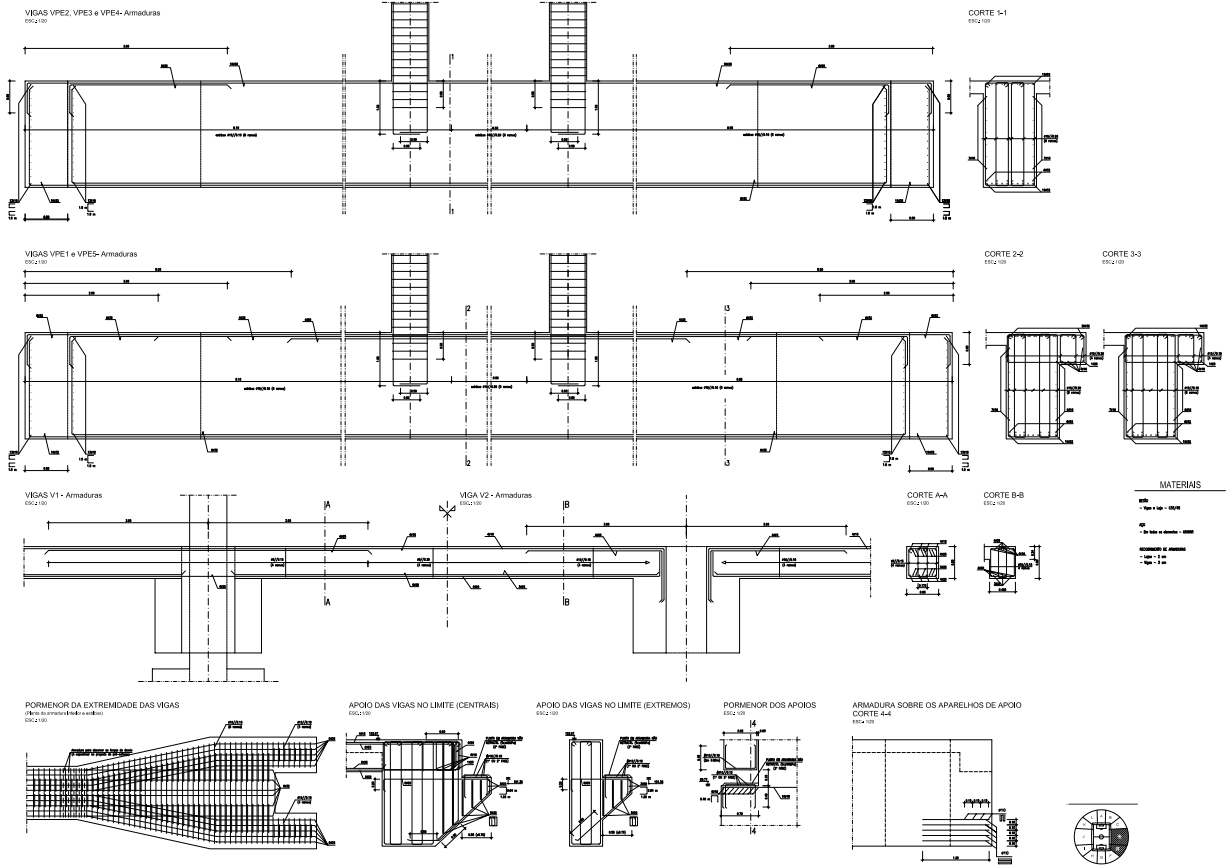
No projecto foram tidas em conta, com especial preocupação, estas questões. Foram adotadas normas e regulamentação aplicáveis a estruturas destinadas a acolher uma elevada concentração de pessoas, que reflectem já alguns aspectos respeitantes à consideração de acções dinâmicas, sendo, no entanto, predominante a adopção de forças estáticas equivalentes. Foram também realizados vários estudos apoiados em modelos numéricos que tiveram por base a investigação mais recente que existia publicada sobre o assunto. Posteriormente foram realizados ensaios sobre os degraus de bancada para a sua caracterização ao nível do seu comportamento estático e dinâmico. Neste estudo foi tido em consideração que a estrutura do estádio do dragão é realizada em betão armado e que o seu sistema estrutural é pouco suscetível de ser excitado dinamicamente ao nível das acções induzidas por espectadores. Deste modo, o estudo foi orientado para avaliar o comportamento dinâmico dos elementos pré-fabricados que constituem os degraus de bancada.

De forma a complementar os ensaios laboratoriais entendeu-se serem essenciais os dados obtidos na monitorização da estrutura real para a validação das opções e critérios estabelecidos na fase de projecto. Foi neste âmbito que se realizou a monitorização de dois eventos ocorridos no Estádio do Dragão, designadamente um jogo de futebol e testes na mesma bancada com um grupo de voluntários.

Pretendeu-se, com estes ensaios, obter uma última validação do modelo de cargas dinâmicas utilizado no seu dimensionamento e estabelecer uma avaliação do desempenho da estrutura em serviço, que provou ser satisfatório.













Projecto

Estádio do Dragão

Localização

Antas, Porto

Data

2000-2003

Área de Construção

132.288 m2

Dono de Obra

F. C. do Porto

Construtor

Somague

Arquitectura

Manuel Salgado,

Jorge Estriga,

Carlos Cruz e

Inês Cruz

Engenharia de Estruturas

GRID

Antonio J. Reis e Nuno Lopes

GEG

Antonio C. Matos, Paulo Pimenta, Hugo Marques e

José Cunha

