



**Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade de Coimbra
Departamento de Engenharia Civil**
www.dec.uc.pt

Doutoramento em Construção Metálica e Mista

Estruturas Offshore

Professor Doutor responsável pela disciplina – **Luís Simões da Silva**

Projeto de Estrutura Offshore para Angola

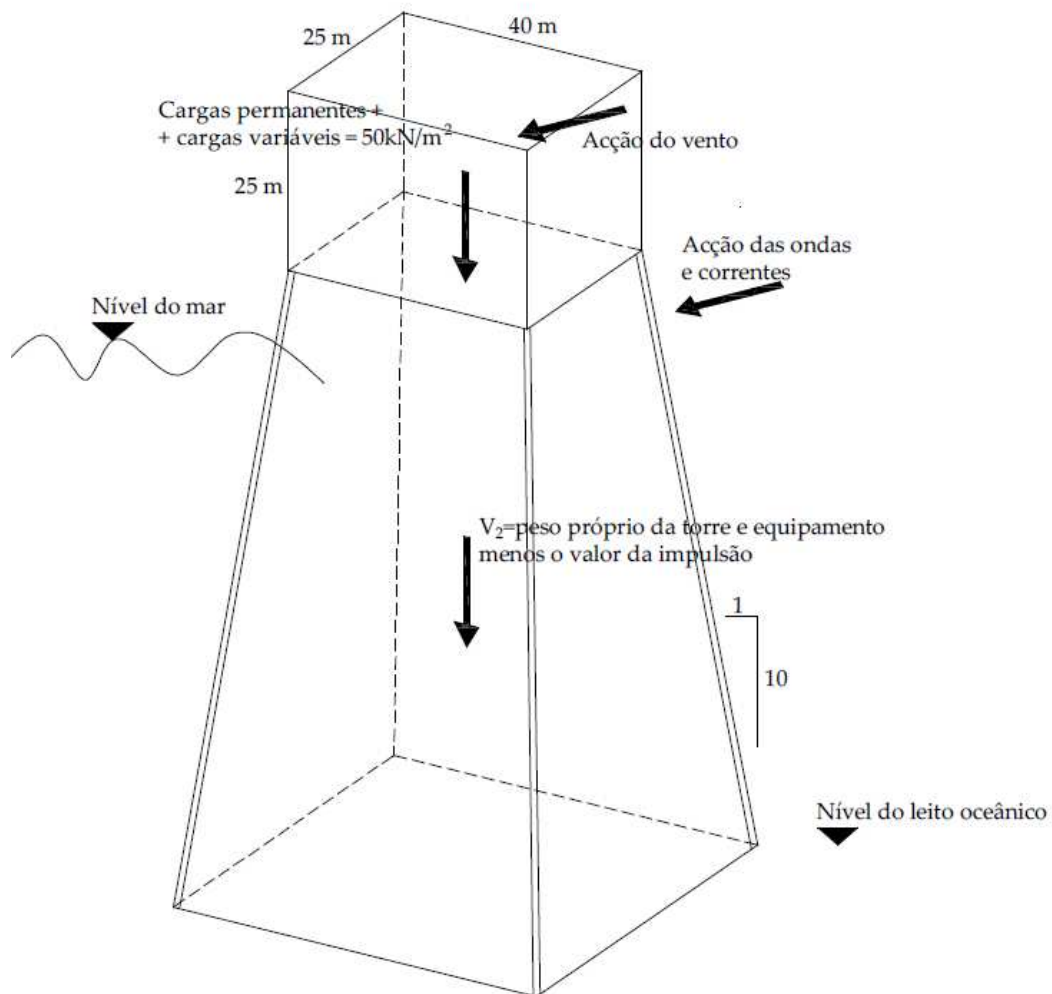
por

Mário António Fonseca Loureiro

Coimbra, Portugal – Julho de 2015

Trabalho (de âmbito académico)

Dimensione uma estrutura tipo *Jacket* de acordo com os dados apresentados na tabela e figura.



Deve elaborar:

- Uma memória descritiva onde justifica os valores do cálculo para ação do vento (componente estática) e para a ação das ondas/corrente (componente estática) e onde descreve a concepção adoptada para a estrutura;
- Um relatório de cálculo com a verificação das “legs” (considere que não existem transições cónicas – diâmetro constante);
- Um relatório de cálculo com a verificação de uma ligação tipo X. Elabore um desenho técnico dessa ligação a uma escala conveniente.

Admita simplificadamente que as fundações se materializam pontualmente por encastramentos perfeitos.

Índice

Objectivo do trabalho

Memória descritiva e justificativa da estrutura

1 - Introdução

2 - Normas

3 - Materiais

4 - Concepção e Modelação Estrutural

4.1 Acções e Combinações

4.1.1 - Acção Hidrodinâmica

4.1.2 - Acção do Vento

4.1.3 - Acção do Sismo

4.1.4 - Acções acidentais

4.1.5 - Acção da neve e gelo

4.1.6 - Combinações de Acções

5 - Verificação de segurança

Anexos

A - Lista de Siglas

B - Bibliografia

Objectivo do trabalho

O objectivo deste trabalho é o dimensionamento e cálculo de uma estrutura metálica Offshore do tipo Jacket (designação inglesa sem tradução para o português) que serve para fixação de uma plataforma ou convés (Deck) para perfuração e exploração de poços de petróleo.

A localização é no Oceano Atlântico, a norte de Angola.

A altura de 100 m a utilizar para efeitos de dimensionamento vai ser a da estrutura, distância vertical entre o eixo do topo do jacket e o eixo desta ao nível do fundo do mar.

Uma estrutura destas, ver figura 2, inclui necessariamente um cais para barcos/navios ligado ao jacket, mas tal não vai ser dimensionado, assim despreza-se o seu peso e a sua estrutura resistente neste trabalho de âmbito académico.

Considera-se que os 25m de altura acima da jacket é o topo da plataforma para efeitos de cálculo das acções do vento, da figura 2 vê-se que a base do deck tem pouca área frontal, e é normal o deck alargar em altura pelo que se estima uma área frontal de $25 \times 15 \text{ m}^2$ (375 m^2) e uma lateral de $40 \times 15 \text{ m}^2$ (600 m^2).

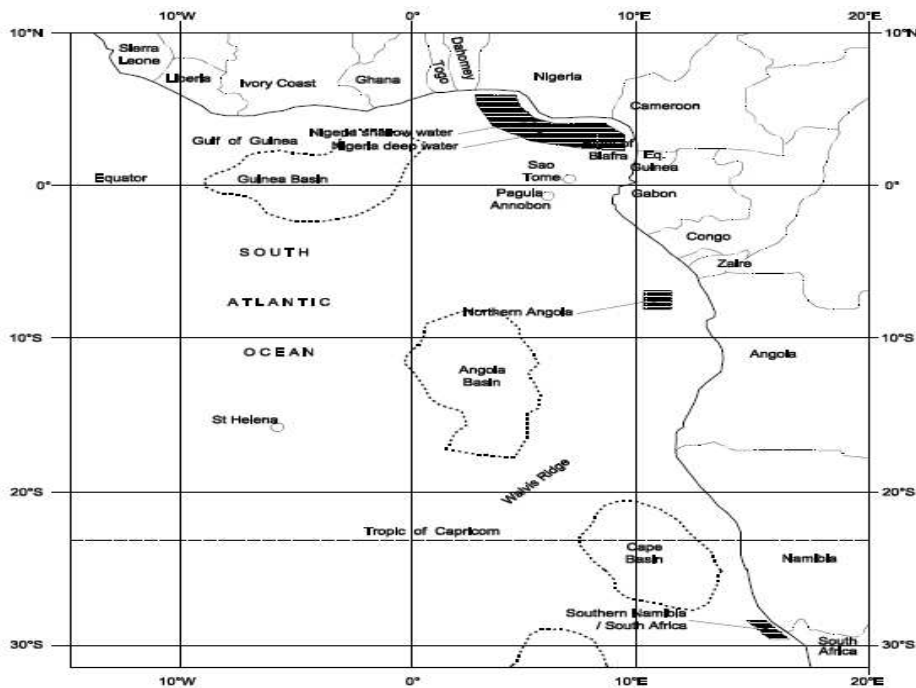


Fig.1 – Mapa da costa africana, fonte: Fig C1 da ISO/DIS 19901-1

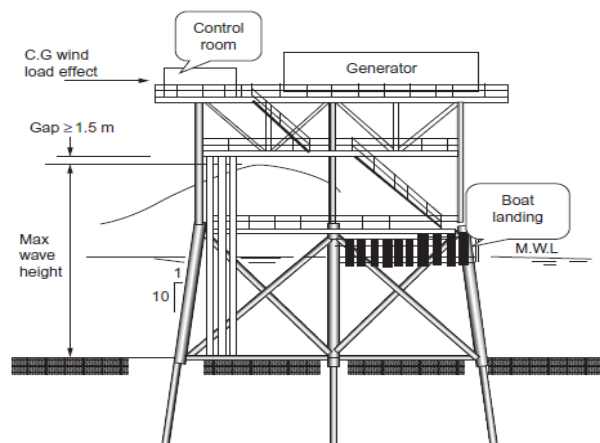


Fig.2 - Vista de uma estrutura Offshore "jacket" com uma plataforma "deck", fonte: EL-Reedy pág. 101.

Memória descritiva e justificativa da estrutura

1 - Introdução

As finalidades da plataforma são: perfuração, produção, sustentação de poços, habitação, cozinha, análises químicas, heliporto, etc, chegando a laborar 24h dia e 365 dias ano, excepto se tiver de ser evacuada por exemplo como a aproximação de um furacão, em que as válvulas de corte dos poços em exploração são fechadas para prever derrames/fugas de crude para o mar.

Numa plataforma são necessários muitos equipamentos/apetrechos nomeadamente, guias, geradores eléctricos, quadros eléctricos, bombas eléctricas/hidráulicas, máquinas de perfuração e controlo, estações de tratamento de águas, sistemas de combate a fogos, depósitos de águas e combustíveis, sistemas de comunicação, controlo/segurança, radar, veículos de controlo remoto (ROV), pequenos barcos, salva-vidas, etc, bem como o abastecimento contínuo de alimentos e outros materiais necessários à abertura de poços de petróleo. Contudo este tipo de estrutura não permite o armazenamento do petróleo explorado (Natanael, 2010, pág, 9).



Fig.3 - Vista de uma plataforma “deck”, fonte: EL-Reedy

Os equipamentos estão distribuídos principalmente no topo do deck e em menor quantidade pelo piso inferior, mas isto varia muito entre fabricantes e necessidades. Um deck pode ter mais andares.

O primeiro piso do deck serve de acesso aos barcos/navios fica livre, pois pode ser passado por ondas gigantes, e segundo EL-Reedy (pág. 101) o teto do pavimento acima deste tem de ter uma folga mínima de 1,5m até à crista da onda (gap), ver Fig 2.

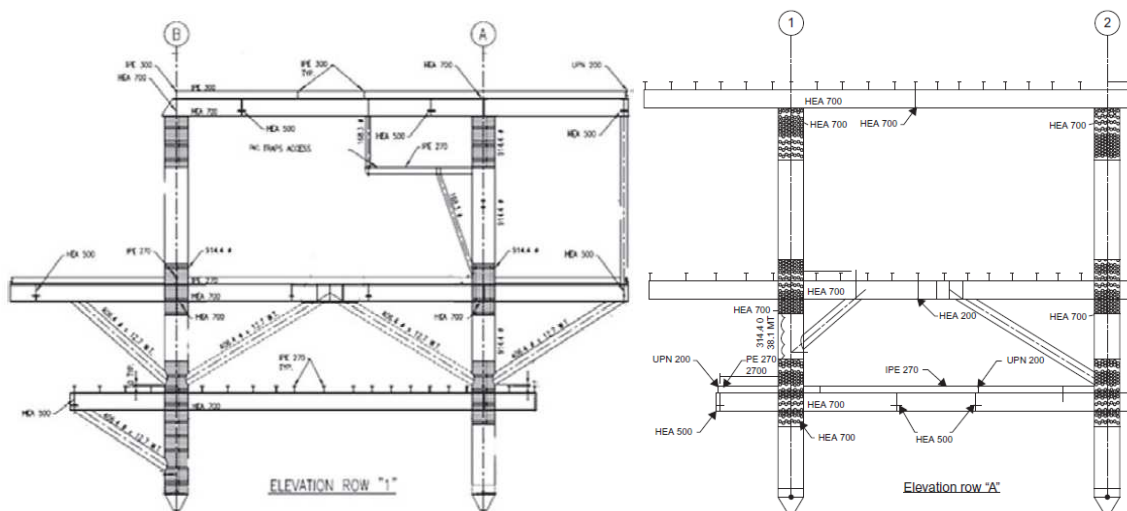


Fig.4 –Vistas laterais de um “deck” típico, fonte: EL-Reedy pág. 95

Uma das funções da estrutura é ter guias para os tubos de perfuração, ver figuras 5 e 7.

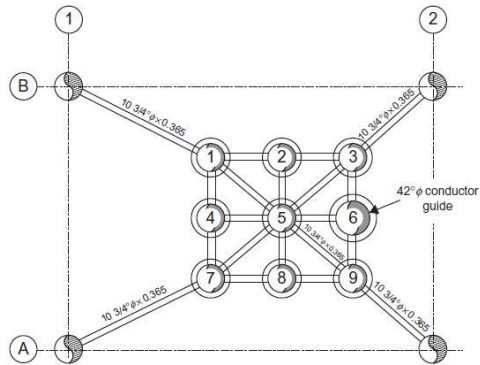


Fig.7 - Vista da planta da "jacket" a Z= (-)21'; fonte: EL-Reedy pág. 99

A concepção estrutural é em parte condicionada pelo processo de fabrico, por exemplo o eixo dos tubos principais que fazem de pilares devem ter um desvio máximo de +/-10 mm em todo o seu comprimento (EL-Reedy pág. 315), assim a estrutura deve ser soldada em cima de perfis perfeitamente nivelados, as figuras seguintes ilustram a metodologia usada na construção.

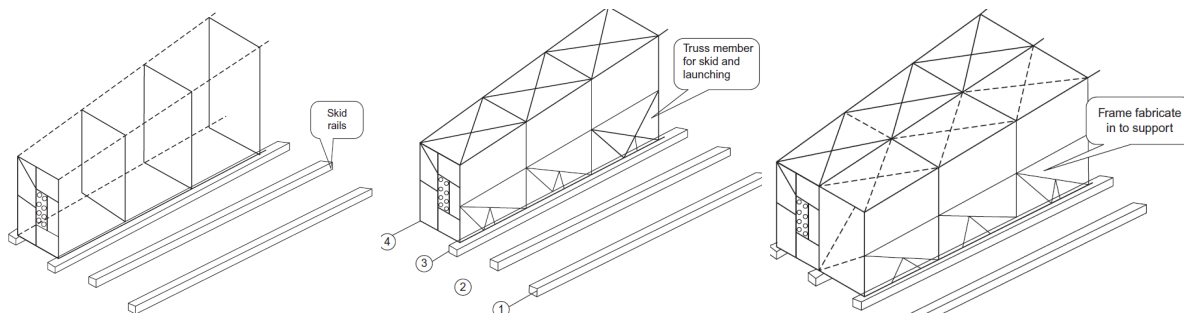


Fig.8 - Construção da jacket; fonte: EL-Reedy pág. 317 e 318

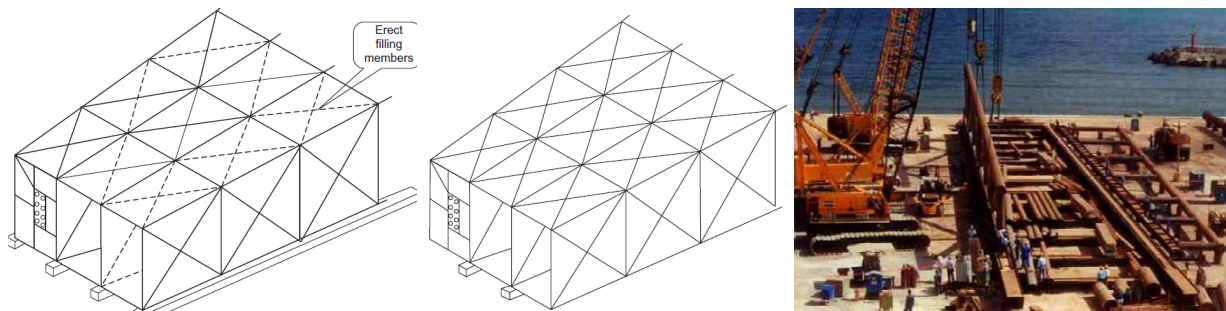


Fig.9 - Construção da jacket; fonte: EL-Reedy pág. 318/9 e 323

A estrutura é transportada até o local de instalação num barco apropriado para este efeito é longo, baixo e que inunda uma grande parte dos porões para permitir o lançamento da estrutura (Subsea 7).



Fig.10 - Transporte de uma jacket, fonte: EL-Reedy pág. 367

A estrutura após ser lançada ao mar convém ficar a flutuar algum tempo, mas não em demasia, caso contrário teria de ser ancorada para não ser arrastada pelas correntes marítimas, se tivesse todos os tubos abertos para entrada do ar/água no seu interior, podia afundar-se antes de estar segura pela grua(s) de um navio apropriado para o efeito (Subsea 7, curso da CMM), que a eleve e a coloque no lugar previsto, pelo que os tubos de topo e pelo menos alguns de travamento devem ser estanques. Se todos os tubos de travamento fossem estanques, teria de se calcular esta impulsão que podia ultrapassar o peso da estrutura, por outro lado os tubos estanques dos travamentos a grandes profundidades podem empenar devido às forças da impulsão implicando uma diminuição da resistência estrutural, o que leva a terem de ser calculadas.

As figuras seguintes mostram as fases do transporte à colocação da estrutura no local.

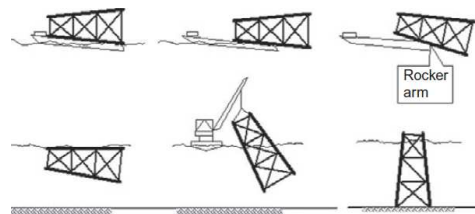


Fig.11 - transporte, lançamento, flutuação e colocação da jacket; fonte: EL-Reedy pág. 372



Fig.12 - colocação da jacket no local; fonte: EL-Reedy pág. 374

Esta estrutura é fixa com estacas que atravessam os tubos principais (pilares), sendo cravadas no leito marinho vários metros de profundidade, ver pág. 213 e seguintes de EL-Reedy.

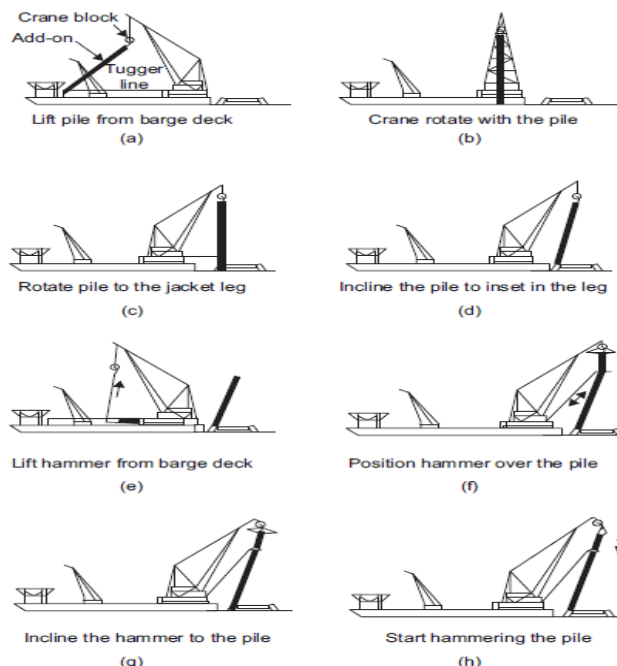


Fig.13 - colocação de estacas; fonte: EL-Reedy pág. 377

Este tipo de estrutura com as suas ligações de contraventamento apresenta redundância estrutural, há redistribuição dos esforços após uma certa parte ter colapsado. Estas estacas vão ainda contribuir para um maior grau de redundância estrutural, pois elas além de fixarem a estrutura vão reforça-la em especial a nível lateral. Isto não será contabilizado nos cálculos da resistência estrutural do jacket aos ventos, correntes, ondas, colisões, corrosão, nem o seu dimensionamento será feito pois não faz parte deste trabalho.



Fig.14 - Meter estacas, EL-Reedy pág 378



Fig.15 - jacket com estacas cravadas, EL-Reedy pág 379



Fig.16 - Colocação do deck, EL-Reedy pág 373



Fig.17 - Finalização, EL-Reedy pág 380

Corrosão

Um aspeto muito importante a ter em conta é a corrosão com a consequente redução da resistência estrutural que pode levar ao seu colapso. Algumas plataformas ou porque a corrosão foi mais elevada que o previsto ou porque a plataforma ainda continua em exploração para além do tempo de vida previsto, obriga a reparações durante o funcionamento, a figura 18 apresenta uma estrutura corroída já com reparações efetuadas.

Para prevenção da corrosão a jacket deve ter os tubos de topo e os de travamento do ultimo nível completamente estanques à entrada do ar e água para redução da corrosão, porque fora de água ou na zona de transição a corrosão é elevada por não funcionar a proteção catódica e a concentração salina ser muita elevada nestas zonas.



Fig.18 e 19 - Corrosão na jacket; fonte: EL-Reedy pág. 524 e 555

A estrutura será protegida contra a corrosão por proteção catódica com ânodos sacrificiais.

Com a proteção catódica a estrutura não é pintada nas zonas que ficam permanente dentro de água. Na zona de transição é que a pintura tem de ser reforçada (manual do Curso de Formação de Estruturas Offshore da CMM).

Os tubos de contraventamento localizados sempre dentro de água devem ser furados perto dos seus extremos, sem comprometerem a resistência estrutural, já que ficam protegidos contra a corrosão, para não levantarem problemas com a impulsão, tal não é necessário em águas pouco profundas já que a impulsão é insignificante mas desde a estrutura assente no fundo.

A imagem seguinte mostra a localização dos ânodos e mostra ainda com clareza as quotas que deve ter uma estrutura destas, nomeadamente a elevação acima do nível médio da água até o eixo (horizontal) do topo, o extremo do jacket e o extremo da estaca, sendo nesta que vai encaixar cada pilar do deck, com as sua extremidade cónica para facilitar o encaixe e melhorar a ligação.

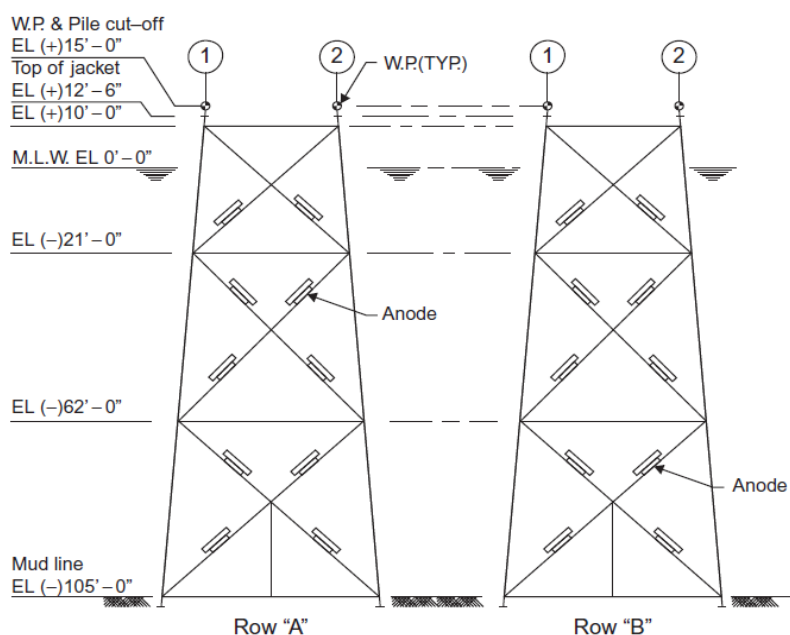


Fig.20 - Localização dos Ânodos sacrificiais 435; fonte: EL-Reedy pág. 435

EL-Reedy recomenda a utilização de peças em fibra de vidro que são resistentes à corrosão e que resistiram às passagens dos furacões. O autor deste trabalho recomenda que os gradeamentos sejam em inox, tal é que fazem maioria dos fabricantes de diversões europeus desde o século XX, apesar de ser um aço mais caro (AISI 316L ou EN 1.4436) com o tempo ele é mais económico, pois não necessita de ser pintado nem tem custos de manutenção.

Estas medidas acima do nível da água em pés e polegadas, vão ser empregues neste projecto, pelo que convertidas em m são:

- 3,048 m - nível médio da água até o eixo (horizontal) do topo,
- 3,810 m - extremo do jacket (referente ao eixo do tubo inclinado a 1/10)
- 4,572 m - extremo da estaca

Vento

Uma das cargas a ter em conta nesta estrutura são os ventos fortes, senão a mais importante, pois os furacões são a maior causa de destruição de muitas plataformas, especialmente no Golfo do México zona de passagem de furacões.



Fig.21 - Colapso estrutural devido ao furacão Katrina, Golfo México, fonte: OGP-2014.

Um furacão também pode fazer estragos indiretamente, como foi o caso no golfo do México em 2007, devido a uma tempestade tropical, uma plataforma móvel embateu numa plataforma fixa libertando petróleo e gás, provocando assim a explosão de uma plataforma móvel, causando 73 mortes. A maioria dos acidentes fatais que ocorreram neste tipo de exploração foram devidas as explosões e incêndios (Natanael), com a aproximação dos furacões em especial as plataformas fixas são evacuadas reduzindo o número de mortes aquando a passagem do furacão.

Atendendo às elevadas forças que os furacões podem provocar na estrutura Offshore convém que esta seja projetada com uma maior resistência para estar melhor preparada à passagem de um furacão, devido aos prejuízos que podem advir mesmo que não haja vítimas mortais pode haver um grande derrame de crude com consequentes elevados custos ambientais.

Considerações estruturais diversas

EL-Reedy pág. 102, recomenda que o diâmetro do braço tenha uma razão de esbelteza (KL / r) na gama de 70 a 90.

Os contraventamento serão em X soldados e com braço horizontal pois estes apresentam a maior resistência a forças laterais assim serão mais resistentes a colisões e furações que vão implicar grandes cargas laterais pelo que é conveniente que a estrutura apresente elevada resistência lateral.

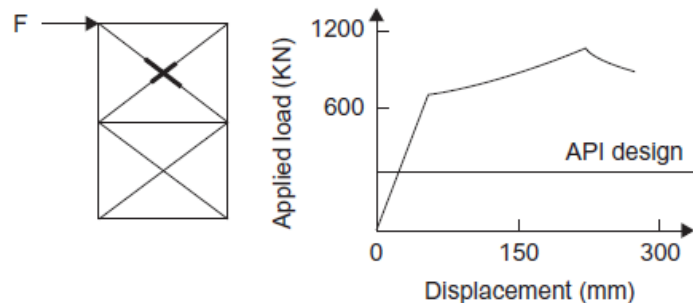


Fig.22 - ligação em x soldada e com braço horizontal, fonte: EL-Reedy pág. 106.

Aço

Quanto ao aço a usar EL-Reedy (pág. 78) explica que o aço mais usado em estruturas Offshore é o ASTM A572 Grade 50, o equivalente direto é API 5L L360/X52 (PSL1) e da EN10025-2 o mais semelhante é o S355JR, pelo que desse já se vai apontar para o S355xx.

Crescimento marinho - Marine growth (MG)

O crescimento marinho na estrutura obtém-se da ISO/DIS 19901-1 (parágrafo C.8.1) em que é esperado uma espessura típica de cerca de 0,1 m até 50 m da coluna de água, e até cerca de 0,3 m acima do nível médio do mar (zona de rebentação).

Metocean parameter	Return period <i>T</i> _r years				
	1	5	10	50	100
Nominal water depth	1 400 m				
Wind speed at 10 m above MSL (m/s)					
10 min mean	18	20	21	25	28
3 s gust	19	23	25	29	31
Wave height (m)					
Maximum	7,9	8,8	8,8	9,5	9,9
Significant	4,0	4,3	4,4	4,7	4,9
Wave direction (from)	SSW				
Spectral peak period (s)					
For swell	13 to 17	13 to 17	13 to 17	13 to 17	13 to 17
For wind-seas	7 to 8	7 to 8	7 to 8	7 to 8	7 to 8
Current speed (m/s)					
Surface ^a	0,9	1,0	1,0	1,2	1,2
Mid-depth	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
1 m above sea floor	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3

^a These extreme values exclude any effect from river plumes.

Fig.23 - Table C.3 — Indicative wind, wave and current parameters — Sites off northern Angola

Dados climáticos segundo a ISO/DIS 19901-1

Para a zona de Angola e para um período de 100 anos de retorno da C.3 tem-se:

- a) A velocidade do vento a considerar para uma média de 10 min e é de 26 m/s. Devia ser para uma 1 hora, o que daria um valor mais baixo, mas para esta região ainda há pouca informação meteorológica pelo que tem de se empregar este valor nos cálculos da força do vento.
- a) O período da onda máxima é de 13 a 17 s, pelo que se vai considerar o valor médio.
- b) A altura da onda máxima é 9,9 m.
- c) A corrente do mar à superfície é 1,2 m/s e 0,3 abaixo de metade da profundidade.

A figura seguinte mostra as combinações do mar para a zona de Angola (Example of wind sea states used for combined wind sea/swell bimodal sea states - Offshore Angola):

No.	% occurrence	H_{s1} m	T_{p1} s	H_{s2} m	T_{p2} s	γ_1	γ_2	θ_1 (towards)	θ_2 (towards)
291	15,3	0,91	12	0,76	7,7	7,0	2,1	27	21
231	12,1	0,81	11	0,70	7,2	7,3	1,8	25	23
208	10,9	0,81	12	0,70	7,7	7,3	1,8	29	19
154	8,1	0,91	11	0,76	7,2	7,1	1,8	22	23
117	6,1	1,22	12	0,82	8,1	7,4	2,9	27	22
103	5,4	0,81	10	0,73	6,3	5,4	1,4	21	27
94	4,9	0,91	13	0,76	8,4	7,5	2,3	30	18
90	4,7	1,22	13	0,85	8,2	7,2	2,2	32	21
72	3,8	0,81	13	0,79	7,9	7,1	2,2	33	19
65	3,4	0,91	14	0,88	8,7	7,5	2,4	33	17
63	3,3	0,81	14	0,79	8,9	7,7	2,3	35	18
52	2,7	1,52	13	0,91	8,7	8,1	2,4	29	22
47	2,5	1,22	14	0,98	9,4	8,3	2,7	31	21
37	1,9	1,52	14	0,98	9,4	7,3	3,1	32	19
36	1,9	1,22	11	0,88	7,7	7,5	2,0	21	22
35	1,8	0,91	10	0,76	5,9	4,0	1,4	21	31
32	1,7	0,81	15	0,91	9,6	8,4	2,4	32	22
29	1,5	0,91	15	0,88	9,4	8,7	2,9	34	17
28	1,5	0,30	12	0,61	8,6	8,7	3,3	32	15
27	1,4	1,52	12	0,82	8,6	7,5	5,0	27	21
26	1,4	0,30	11	0,76	7,0	8,1	1,9	28	18
24	1,3	1,52	15	1,01	9,8	8,1	2,5	31	20
23	1,2	1,83	14	0,88	8,7	7,0	1,7	32	18
20	1,1	0,81	17	1,04	10,2	9,0	2,8	31	23

Fig.24 – Combinações do estado do mar. Fonte: Table C.8 da ISO/DIS 19901-1

A tabela C.5 da ISO/DIS 19901-1 dá os extremos das temperaturas do ar e água do mar a considerar para efeito da seleção do aço e calculo das características do ar e água.

Metoccean parameter	Nigeria		Northern Angola	Southern Namibia
	Shallow water	Deep water		
Mean spring tidal range (m)	1,9	1,5	1,4	2,0
Sea water temperature (°C)				
Minimum near surface	22	25	17	9
Maximum near surface	32	31	28	28
Minimum near bottom	20	4	4	4
Maximum near bottom	30	4	4	—
Air temperature (°C)				
Minimum	18	20	17	8
Maximum	33	33	35	28

Fig.25 Temperaturas no mar, Angola. Fonte: ISO/DIS 19901-1

EL-Reedy apresenta um organigrama de análise de estrutura global de um jacket.

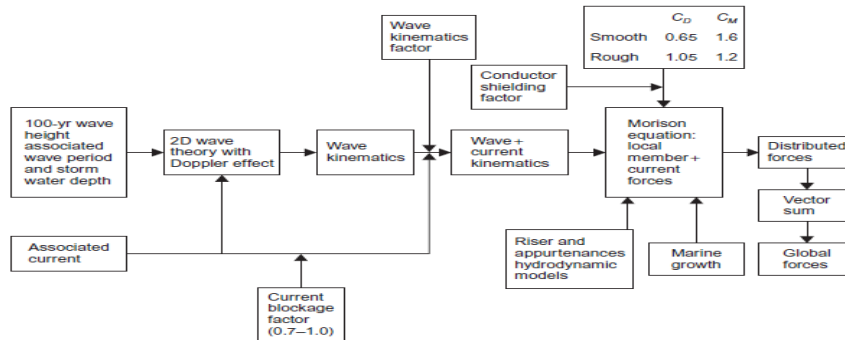


Fig.26 - Cargas ambientais Aplicadas., fonte: EL-Reedy pág. 108

Estrutura para o dimensionamento inicial

Para o dimensionamento inicial e projecto da torre levou-se em conta as preocupações introdutórias já atrás apresentas, optimização da estrutura, fabrico, transporte, instalação, funcionamento e em especial as cargas ambientais que podem alcançar elevados valores com as colisões de navios e os furações.

A estrutura devido a ter um grande dimensão de implantação ($25 \times 40m^2$), permite ter a localização dos furos para os poços ao lado do centro (ver figura seguinte), como o deck tem uma enorme carga vertical e para haver maior redundância estrutural em especial no caso de colisão, levou a optar-se inicialmente por seis tubos com todos os contraventamentos em X e com ligação horizontal já que estes permitem suportar maior carga, como já foi exposto na introdução.

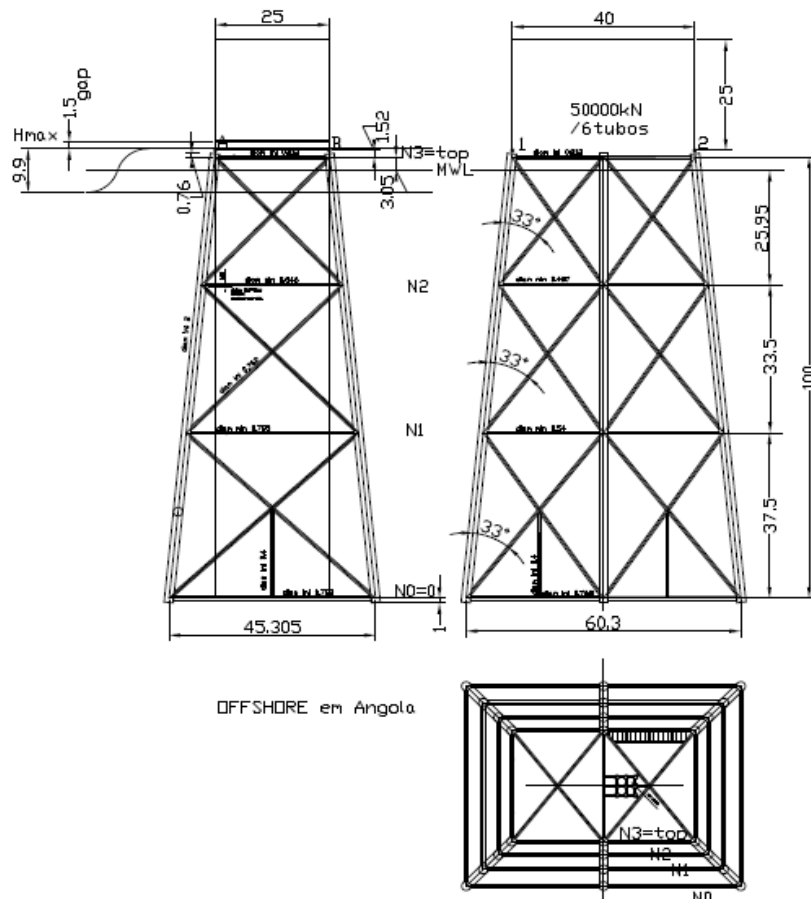


Fig.27 – Desenho da estrutura inicial

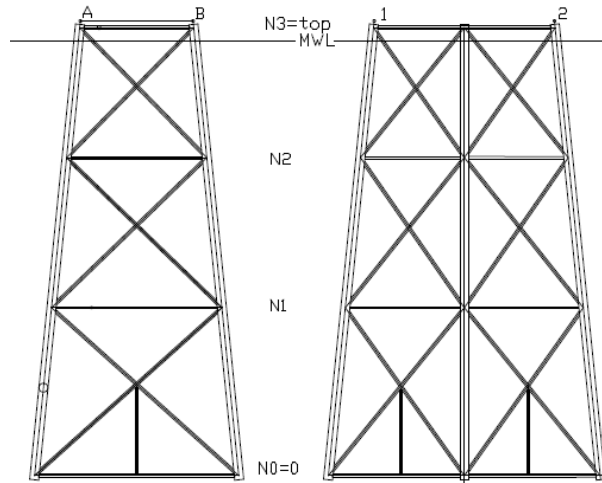


Fig.28 – vistas laterais da estrutura inicial

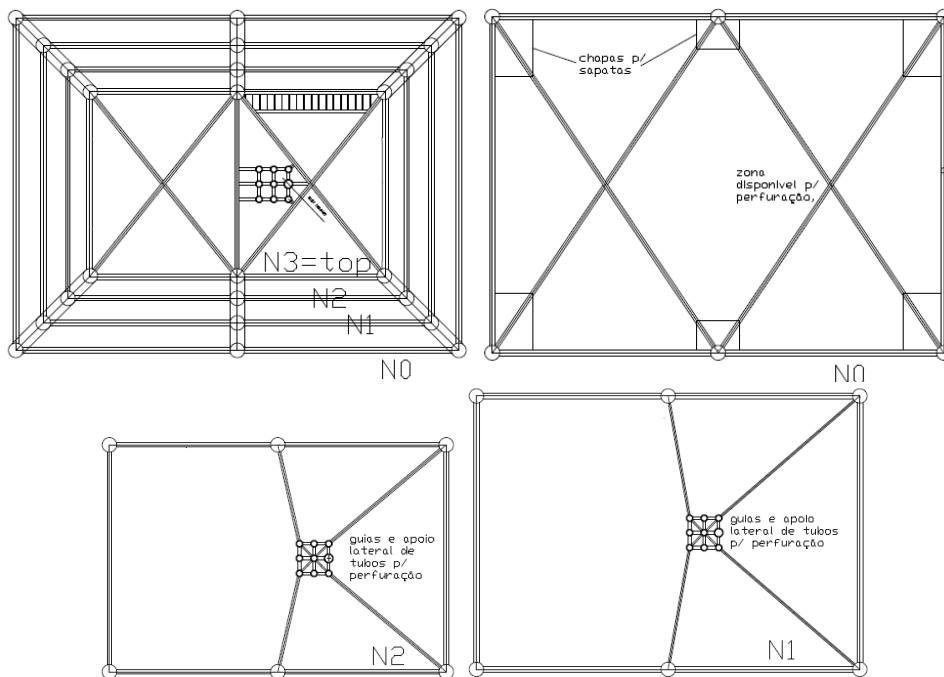


Fig.29 – vistas de topo e dos vários níveis da estrutura inicial

A estrutura inicial vai ser simulada com 6 tubos (leg) de 2m de diâmetro. Uma estrutura com mais tubos será mais complexa, obriga a mais mão-de-obra, necessita de mais estacas, normalmente em construção metálica o maior custo na construção Onshore é o aço, assim é importante poupar na quantidade de aço mas em construção de grandes estruturas para uso Offshore o custo com mão-de-obra (em especial as soldaduras que são feitas no exterior devido às grandes dimensões) podem ser elevadas sendo ainda a produção agravada com um prazo de entrega mais alongado.

2 - Normas

Lista de normas consultadas e ou utilizadas no projecto, dimensionamento e verificação da estrutura, com os requisitos, os princípios, a quantificação de acções e a verificação da segurança.

American Petroleum Institute

API RP 2A-WSD: Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms, 1993, Twenty-first Edition, 12/2000;
API RP 2FPS: Recommended Practice for Planning, Designing, and Constructing Floating Production System;
API RP 2SK, Recommended Practice for Design and Analysis of Stationkeeping Systems for Floating Structures, 2005;

Det Norske Veritas

DNV-OS-C101: Design of Offshore Steel Structures, General (LRFD Method); 2011
DNV-OS-C401: Fabrication and Testing of Offshore Structures, 2010
DNV-RP-C205: Recommended Practice for Environmental Conditions and Environmental Loads, 2010
DNV Report No. 95-3203: Guideline for Offshore Structural Reliability: Application to Jacket Platforms.
DNV Technical Report nº 677, Comparison of API, ISO, and Norsok offshore structural standards, 2011

Europeias

EN 1993-1-10: Design of Steel Structures – Part 1-10: Material toughness and through-thickness properties;
EN 10225: Weldable structural steels for fixed offshore structures.

ISO

ISO/DIS 19901-1: Petroleum and natural gas industries – Specific requirements for offshore structures – Part 1: Metocean design and operating considerations; 2002
ISO 19901-2:2004, Part 2: Seismic design procedures and criteria
ISO 19902: Petroleum and natural gas industries – Fixed steel offshore structures, 2003

Norsok

NORSOK M-120, Material data sheets for structural steel, Edition 5, 2008
NORSOK N-001: Structural design, 2004;
NORSOK N-003: Actions and actions effects, Edition 2, 2007
NORSOK N-004: Design of steel structures. Rev. 2, October 2004

Nota: Em 2007 num estudo comparativo entre normas offshore, Saigal et al, recomendam a utilização das normas da API para estruturas fixas ao fundo.

3 – Materiais

Para a definição dos materiais a utilizar em estruturas offshore podem-se enumerar 3 referências:

CEN - European Committee for Standardization,
NORSOK – Norwegian petroleum industry
ISO - International Organization for Standardization.

É de referir que a escolha do aço depende essencialmente dos parâmetros seguintes:

Soldabilidade e os processos de soldadura especiais que poderão ser requeridos;
Fadiga;
Resistência à fratura na presença de deformações plásticas (tenacidade);
Importância do elemento estrutural em causa;

Para a escolha do aço é importante ter o levantamento das características ambientais e climáticas da envolvente da estrutura, para caracterizar convenientemente o ambiente em que esta se insere.

Segundo a ISO 19902 podem-se usar dois métodos:

- Material category approach (MC)
- Design Classe approach (DC).

Para a escolha do material tiveram-se em conta as considerações seguintes:

- Estrutura S1 - plataforma ocupada continuamente por pessoas e nível de exposição
- Estrutura L2 - moderadamente tripulada e com potencial de poluição moderado
- Índice MC - MC2 (Maioria das estruturas em águas de profundidade moderada)
- Grupo II - tensão de cedência entre 275 e 395 MPa

Com grupo II e MC2, para “leg elsewhere”, escolheu-se dureza CV2.

Posteriormente com Grupo II e dureza CV2, considerou-se o aço S355G9N/M com as características seguintes:

- Módulo de elasticidade: $E = 210 \text{ MPa}$
- Coefficiente de dilatação térmica linear: $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$;
- Módulo de distorção: $G = 81 \text{ GPa}$
- Coefficiente de Poisson em regime elástico: $\nu = 0,3$.
- $f_y = 355 \text{ MPa}$

4 – Concepção e Modelação Estrutural

A estrutura foi modelada com recurso a elementos finitos de barra admitindo comportamento linear elástico no programa de análise estrutural Autodesk Robot Structural Analysis.

As ligações entre perfis tubulares foram modeladas não considerando a presença de excentricidades ou quaisquer elementos de reforço.

A modelação da estrutura envolveu o desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo das acções hidrodinâmicas, impulso e peso próprio do crescimento marinho no modelo de análise estrutural. Esta ferramenta, desenvolvida em Excel, demonstrou ser de grande utilidade pois permite a actualização destes carregamentos durante a optimização da estrutura. Estas acções são aplicadas como cargas uniformemente distribuídas cujo valor varia em função das coordenadas dos nós (profundidade) e diâmetros dos perfis tubulares que compõem as diversas barras do modelo de cálculo.

A estrutura concebida inicialmente ao ser simulada no programa de cálculo, necessitou de mais elementos tubulares (“legs”), sendo simulada outra estrutura com mais legs e mais níveis a fim de aumentar a resistência.

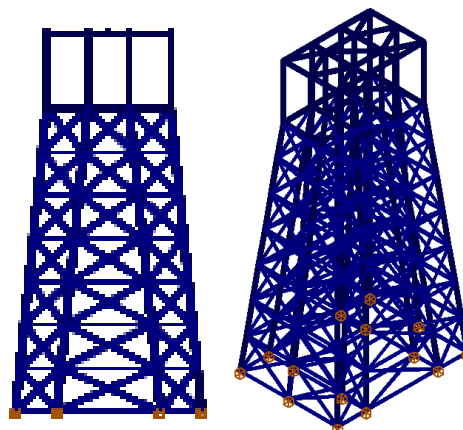


Fig.30 – estrutura simulada com 14 leg e 7 níveis

A estrutura assim não seria económica, levaria muito aço e muita mão-de-obra pelo que tem de ser otimizada.

Essencialmente existem 5 tipos de travamentos que podem ser aplicados: em “K”, “V”, “N”, “V+X” ou “X”.

Dos referidos, exclui-se a possibilidade da aplicação dos em “N” ou “V” (isoladamente), uma vez que não representam uma solução satisfatória do ponto de vista estrutural. Os em “K”, apesar

de admissíveis, apresentam uma falta de simetria e pouca robustez, uma vez que para uma dada ação, os mesmos estarão totalmente em compressão ou tracção.

A solução dos contraventamentos em "X" destaca-se das outras tendo um melhor comportamento estrutural, uma vez que tal sistema confere uma maior rigidez à estrutura, ductilidade e redundância estrutural; aliás o enunciado deste trabalho implica também ter ligações em X.

Depois de várias simulações para otimiza-la, seriam suficientes 8 legs mas optei por 10, porque a estrutura fica melhor preparada para sismos e acidentes e até facilita o fabrico devido a ser feita por partes (ver figuras 8 e 9).

Também foram aplicados travamentos horizontais em diagonal, em cada nível da plataforma, por forma a aumentar a sua rigidez à aplicação de acções e também para contraventar os elementos verticais da estrutura.

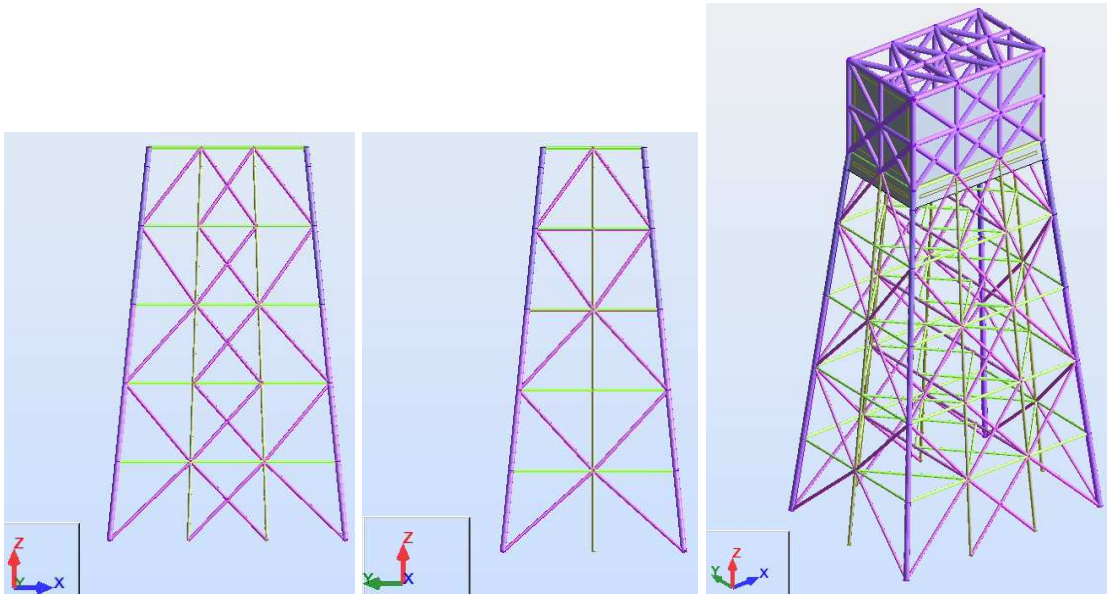


Fig.31 – estrutura final com travamentos diagonais horizontais

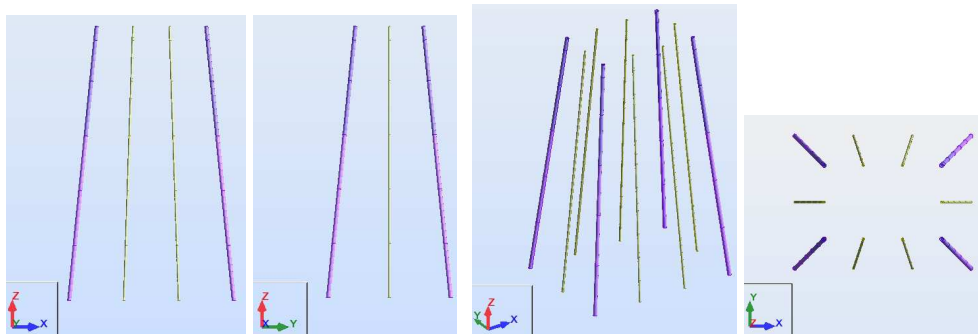


Fig.32 – vistas das legs da estrutura final

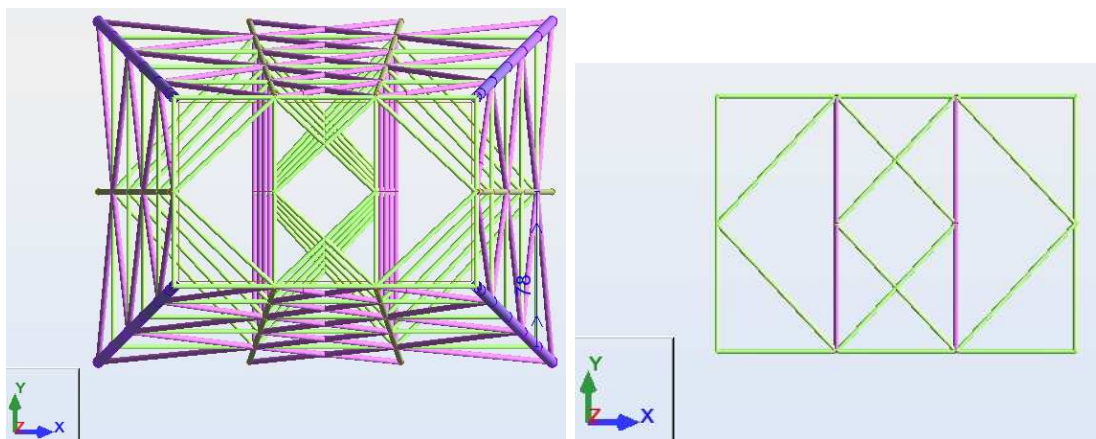


Fig.33 – vista de topo da estrutura final e vista dos travamentos horizontais diagonais por nível

A estrutura final acaba por só ter 4 leg principais e 6 leg secundários de menor diâmetro, os centrais que são mais para distribuição e aumento da redundância estrutural. A estrutura pode só levar 4 estacas que atravessam as leg principais da estrutura, de alto a baixo, e meter 6 estacas pequenas no fundo ou em alternativa podem-se empregar só estacas por dentro de todas as leg, mas algumas de menor ou todas de igual diâmetro em que as 6 leg secundárias aumentariam o diâmetro, conciliando-as com os diâmetros disponíveis das estacas, de modo a que seja mais económico, sem perder resistência estrutural, se possível aumentando-a.

Para otimizar a estrutura fizeram-se mais simulações para tentar reduzir as espessuras dos tubos e que se apresentam:

Elementos	Secção	Diâmetro D (mm)	Espessura t (mm)	D/t
Legs superiores	CHS1450x25	1450	25	58,0
Legs inferiores	CHS1450x35	1450	35	41,4
Legs centrais	CHS800x25	800	25	32,0
Diagonais	CHS750x25	750	25	30,0
Diagonais horizontais	CHS650x20	650	20	32,5

Tabela 1 - Secções da estrutura 1ª iteração

Elementos	Secção	Diâmetro D (mm)	Espessura t (mm)	D/t
Legs superiores	CHS1450x25	1450	25	58,0
Legs inferiores	CHS1450x30	1450	30	48,3
Legs centrais	CHS800x20	800	20	40,0
Diagonais	CHS750x20	750	20	37,5
Diagonais horizontais	CHS650x16	650	16	40,6

Tabela 2 - Secções da estrutura 2ª iteração

A imagem seguinte da estrutura mostra os diâmetros exteriores dos tubos e as espessuras determinadas.

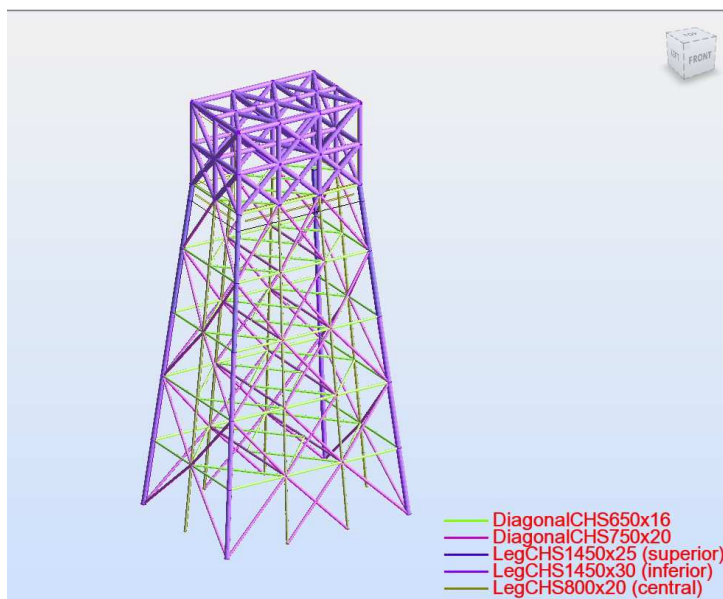


Fig.34 Secções e espessuras da estrutura

A estrutura foi obtida já com a aplicação das acções que se vão apresentar de seguida.

4.1 Acções e Combinações

4.1.1 - Cálculo da acção hidrodinâmica

Para determinar as acções devidas às ondas extremas, é necessário conhecer a altura máxima de onda para o período de retorno de 100 anos, através de dados do local de implantação.

Da tabela C.3 da ISO/DIS 19901-1 temos $H_{max} = 9,9$ m e utilizando a média do período da desta tabela temos $T = 15$ s.

Com o ábaco da aplicabilidade das teorias de onda vai-se ver qual é a teoria que melhor descreve as características não-lineares das ondas extremas.

Para $H = 9,9$ m e $T = 15$ s obtém-se $H/(gT^2) = 0,004$ e $d/(gT^2) = 0,045$

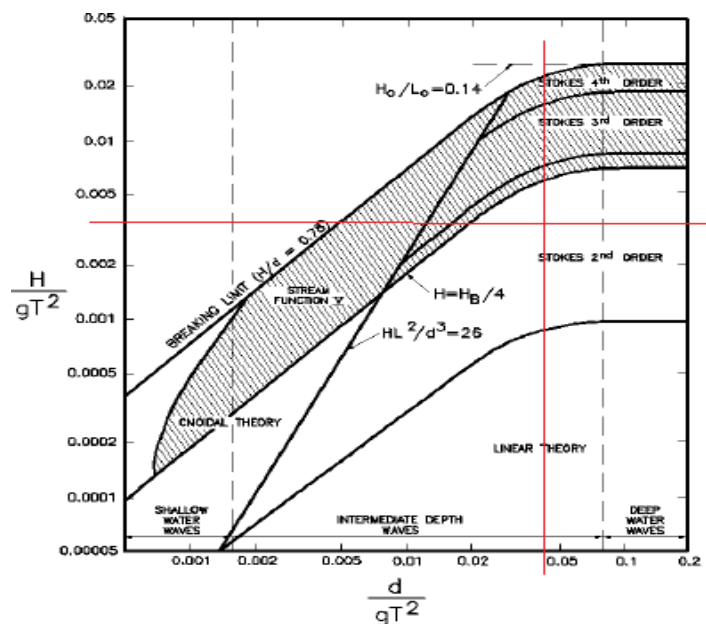


Fig.35 Ábaco da aplicabilidade das teorias de onda, fonte: US Army Corps of Engineers.

Passando retas pelos pontos determinados o seu cruzamento indica a zona de ondas que se deve aplicar, neste caso é a teoria de 2ª ordem de Stokes:

O comprimento de onda (λ_0) para águas profundas é determinado por:

$$\lambda_0 = g \cdot T^2 / (2 \cdot \pi)$$

Com g = aceleração da gravidade para o local ($g = 9,81$ m/s²) e T = período da onda; Utilizando a média do período da tabela C.3 da ISO/DIS 19901-1 obtemos:

$$\lambda_0 = 9,81 \cdot 15^2 / (2 \cdot \pi) = 351,3 \text{ m}$$

A profundidade pode ser classificada em:

Grandes profundidades, $h > \lambda_0 / 2$;

Profundidades intermédias, $\lambda / 2 < h < \lambda / 20$;

Pequenas profundidades, $h < \lambda / 20$;

Com profundidade - h, comprimento da onda - λ e comprimento de onda ao largo - λ_0 , ou seja para águas profundas (Laing et al., 1998);

Para h = 100 m e supondo $\lambda = 351,3$ m temos águas de profundidades intermédias.

Uma ferramenta de análise das ondas nas três profundidades atrás referidas é a equação da dispersão, dada por:

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)$$

Com $L = \lambda$, é utilizado um processo iterativo para determinar o comprimento da onda iniciando com o comprimento λ_0 . Com folha de cálculo Excel obtém-se:

H_{max}	9,9	m	Altura de onda máxima (para período de retorno de 100anos)
T	15	S	Período da onda (média para período de retorno de 100anos)
λ	330,7	m	Comprimento da onda (valor aproximado de Fenton)
λ	335,1	m	Comprimento da onda (cálculo iterativo pela equação da dispersão)
k	0,0187	1/m	Número de onda
w	0,419	rad/s	Frequência de onda
c	22,3	m/s	Celeridade

Tabela 3 - Propriedades da onda máxima

A figura seguinte representa o gráfico da velocidade da onda.

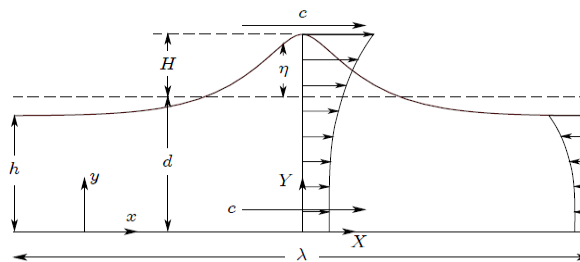


Fig.36 gráfico da velocidade da onda

O topo da onda corresponde a velocidade máxima da onda que e quando a aceleração é nula, assim os valores obtidos para as velocidades de onda ao longo da estrutura são os seguintes:

z (m)	u_x (m/s)	a_x (m/s ²)
4,95	2,375	0
2,475	2,272	0
0	2,173	0
-5	1,988	0
-10	1,821	0
-15	1,669	0
-20	1,532	0
-25	1,409	0
-30	1,298	0
-35	1,198	0
-40	1,109	0
-45	1,029	0
-50	0,959	0
-55	0,897	0
-60	0,843	0
-65	0,797	0
-70	0,757	0
-75	0,724	0
-80	0,698	0
-85	0,677	0
-90	0,663	0
-95	0,654	0
-100	0,651	0

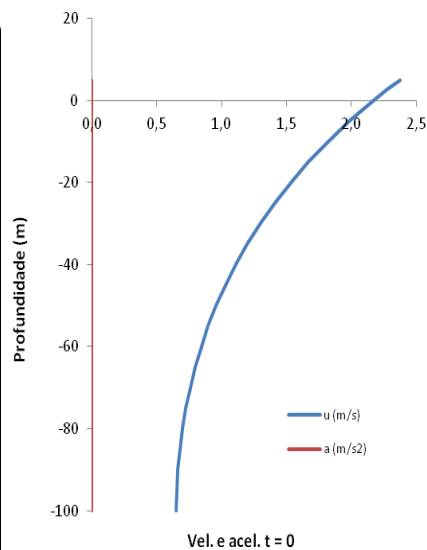


Tabela 4- Perfil da velocidade da onda e gráfico respectivo

O perfil da onda permite aferir da altura máxima atingida acima do nível médio da água do mar, no presente caso igual a 4.95 m.

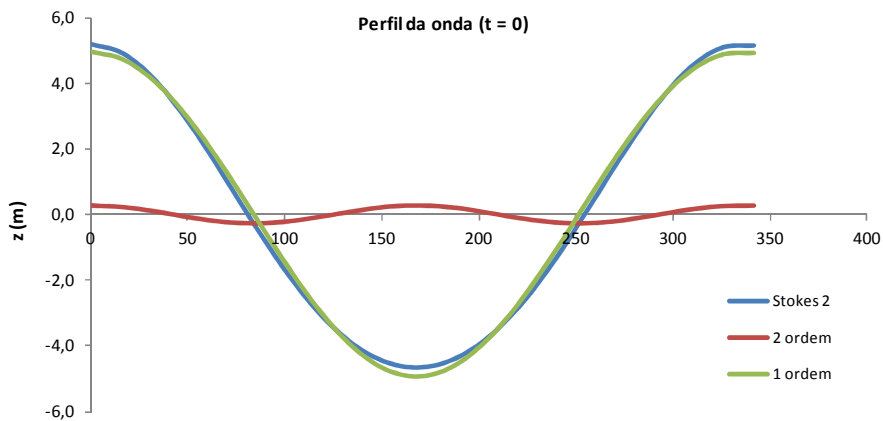


Fig.37 Perfil da onda

Da tabela C.3 da ISO/DIS 19901-1 considerou-se uma velocidade de corrente de 1,2m/s até aos 50 m de profundidade (metade da profundidade da estrutura), a partir daí considerou-se 0,3m/s até ao fundo do mar.

A temperatura da água, e a densidade da mesma variam consoante a profundidade. Com base na tabela C.5 da ISO/DIS 19901-1 para simplificar a temperatura será constante e assim considerou-se uma temperatura média de 15°C.

Da tabela F-1 da DNV-RP-C205 (10/2010) vamos selecionar a densidade e a viscosidade cinemática:

Temperature [°C]	Density, ρ , [kg/m ³]			Kinematic viscosity, ν , [m ² /s]		
	Fresh water	Sea water*	Dry air**	Fresh water	Sea water*	Dry air
0	999.8	1028.0	1.293	1.79×10^{-6}	1.83×10^{-6}	1.32×10^{-5}
5	1000.0	1027.6	1.270	1.52	1.56	1.36
10	999.7	1026.9	1.247	1.31	1.35	1.41
15	999.1	1025.9	1.226	1.14	1.19	1.45
20	998.2	1024.7	1.205	1.00	1.05	1.50
25	997.0	1023.2	1.184	0.89	0.94	1.55
30	995.6	1021.7	1.165	0.80	0.85	1.60

Tabela 5 - Density and viscosity of fresh water, sea water and dry air

Densidade da água do mar	<input type="checkbox"/>	1025,9	kg/m ³
Viscosidade cinemática	<input type="checkbox"/>	1,19E-06	m ² /s
Viscosidade dinâmica	<input type="checkbox"/>	1,22E-03	kg/(m·s)

Tabela 6 – densidades e viscosidades da água do mar

A viscosidade dinâmica obteve-se multiplicando a densidade com a viscosidade cinemática

Depois de quantificadas a velocidade da onda e da corrente, procedeu-se a quantificação das ações atuantes nas secções tubulares devido as cargas hidrodinâmicas tendo em conta os parágrafos seguintes.

Em termos de rugosidade de superfície, k, foi considerado o valor de 0.005 correspondente a uma estrutura com “marine growth” (DNV-RP-C205, 10/2010) instalado.

No que concerne a coeficiente de arrasto (C_{DS}), foi considerado o disposto em 6.7 da DNV-RP-C205, nomeadamente:

$$C_{DS}(\Delta) = \begin{cases} 0.65 & ; \Delta < 10^{-4} \text{ (smooth)} \\ (29 + 4 \cdot \log_{10}(\Delta)) / 20 & ; 10^{-4} < \Delta < 10^{-2} \\ 1.05 & ; \Delta > 10^{-2} \text{ (rough)} \end{cases}$$

O cálculo do fator de amplificação de onda (Ψ), foi calculado tendo em consideração o disposto em 6.7.2 da DNV-RP-C205.

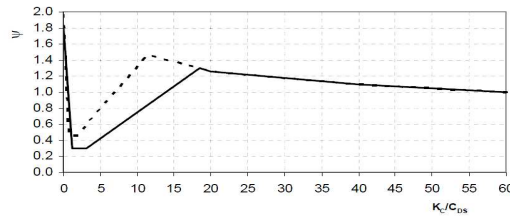


Figure 6.5
Wake amplification factor ψ as function of K_c -number for smooth ($C_{DS} = 0.65$ - solid line) and rough ($C_{DS} = 1.05$ - dotted line).

Fig.37: Fator de amplificação Ψ , figura 6.5 da DNV-RP-C205

Para a quantificação de CA "Added Mass", foram contabilizadas as situações $Kc < 3$ ou $Kc > 3$. O C_A foi calculado conforme a alínea 6.9.1 da DNV-RP-C205.

O coeficiente de massa C_M é dado por $C_M = 1 + C_A$

Para a quantificação das ações atuantes nas secções tubulares devido a cargas hidrodinâmicas das ondas e da corrente marítima seguiram-se as indicações delfininas na norma DNV-RP-C205. O procedimento assente essencialmente na equação de Morison:

$$f_N(t) = \rho * (1 + C_A) * A * \dot{v} + \frac{1}{2} * \rho * C_D * D * v * |v| \quad \text{com:}$$

V - Velocidade [m/s];

\dot{v} - Aceleração [m/s²];

A - Área [m²];

D - Diâmetro [m];

ρ - Densidade [kg/m³]

C_A - Coeficiente de massa adicionada, em função da área da secção; C_D - Coeficiente de arrasto.

Note-se que no ponto de velocidade máxima considerado como o mais desfavorável, a aceleração será nula, pelo que apenas a segunda parcela da equação de Morison será relevante:

$$f_N(t) = 0 + \frac{1}{2} * \rho * C_D * D * v * |v|$$

Para a quantificação das referidas ações aplicaram-se as seguintes expressões:

$$C_D = C_D(R_e, K_c, \Delta), \quad R_e = v * D / \nu - \text{Reynolds}; \quad k_c = v_m * T / D - \text{Keulegan-Carpenter}; \quad \Delta = K / D - \text{Rugosidade adimensional}$$

$$C_A = C_A(R_e, K_c, \Delta), \quad R_e = v * D / \nu - \text{Reynolds}; \quad k_c = v_m * T / D - \text{Keulegan-Carpenter}; \quad \Delta = K / D - \text{Rugosidade adimensional}$$

Os resultados da ação hidrodinâmica sobre a estrutura são apresentados na tabela seguinte:

d (m)	u _w (m/s)	a _w (m/s ²)	u _{cor} (m/s)	u (m/s)	D _{tub} (mm)	MG (mm)	D (mm)	KC	Re	k (m)	T	C _{Ds}	C _T	KC/C _{Ds}	T (KC)	C _D	C _A	C _M	F(kN/m)
5	2,546	0	1,2	3,746	1450	0	1450	38,7	4,6E+06	0,005	0,0034	0,96	1,44	40,5	1,12	1,07	0,29	1,29	11,21
0	2,203	0	1,2	3,403	1450	300	2050	24,9	5,9E+06	0,02	0,0098	1,05	1,47	23,8	1,23	1,29	0,20	1,20	15,65
-20	1,546	0	0,84	2,386	1450	220	1890	18,9	3,8E+06	0,02	0,0106	1,05	1,47	18,0	1,26	1,33	0,30	1,30	7,31
-40	1,115	0	0,48	1,595	1450	140	1730	13,8	2,3E+06	0,02	0,0116	1,05	1,47	13,2	1,29	1,36	0,52	1,52	3,06
-60	0,846	0	0,30	1,146	1450	100	1650	10,4	1,6E+06	0,02	0,0121	1,05	1,47	9,9	1,31	1,37	0,67	1,67	1,53
-80	0,699	0	0,30	0,999	1450	100	1650	9,1	1,4E+06	0,005	0,0030	0,95	1,44	9,6	1,14	1,08	0,73	1,73	0,91
-100	0,652	0	0,3	0,952	1450	100	1650	8,7	1,3E+06	0,005	0,0030	0,95	1,44	9,1	1,10	1,04	0,75	1,75	0,80
5	2,546	0	1,2	3,746	800	0	800	70,2	2,5E+06	0,005	0,0063	1,01	1,45	69,6	0,94	0,95	0,24	1,24	5,46
0	2,203	0	1,2	3,403	800	300	1400	36,5	4,0E+06	0,02	0,0143	1,05	1,47	34,7	1,16	1,22	0,20	1,20	10,11
-20	1,546	0	0,84	2,386	800	220	1240	28,9	2,5E+06	0,02	0,0161	1,05	1,47	27,5	1,20	1,26	0,20	1,20	4,57
-40	1,115	0	0,48	1,595	800	140	1080	22,2	1,4E+06	0,02	0,0185	1,05	1,47	21,1	1,24	1,31	0,20	1,20	1,84
-60	0,846	0	0,30	1,146	800	100	1000	17,2	9,6E+05	0,02	0,0200	1,05	1,47	16,4	1,27	1,34	0,38	1,38	0,90
-80	0,699	0	0,30	0,999	800	100	1000	15,0	8,4E+05	0,005	0,0050	0,99	1,45	15,1	1,28	1,27	0,47	1,47	0,65
-100	0,652	0	0,3	0,952	800	100	1000	14,3	8,0E+05	0,005	0,0050	0,99	1,45	14,4	1,28	1,27	0,50	1,50	0,59
5	2,546	0	1,2	3,746	750	0	750	74,9	2,4E+06	0,005	0,0067	1,01	1,46	73,8	0,91	0,93	0,24	1,24	5,00
0	2,203	0	1,2	3,403	750	300	1350	37,8	3,9E+06	0,02	0,0148	1,05	1,47	36,0	1,15	1,21	0,20	1,20	9,68
-20	1,546	0	0,84	2,386	750	220	1190	30,1	2,4E+06	0,02	0,0168	1,05	1,47	28,6	1,20	1,26	0,20	1,20	4,36
-40	1,115	0	0,48	1,595	750	140	1030	23,2	1,4E+06	0,02	0,0194	1,05	1,47	22,1	1,24	1,30	0,20	1,20	1,75
-60	0,846	0	0,30	1,146	750	100	950	18,1	9,1E+05	0,02	0,0211	1,05	1,47	17,2	1,27	1,33	0,34	1,34	0,85
-80	0,699	0	0,30	0,999	750	100	950	15,8	8,0E+05	0,005	0,0053	0,99	1,45	15,9	1,28	1,27	0,44	1,44	0,62
-100	0,652	0	0,3	0,952	750	100	950	15,0	7,6E+05	0,005	0,0053	0,99	1,45	15,1	1,28	1,27	0,47	1,47	0,56
5	2,546	0	1,2	3,746	650	0	650	86,4	2,0E+06	0,005	0,0077	1,03	1,46	84,1	0,85	0,87	0,22	1,22	4,08
0	2,203	0	1,2	3,403	650	300	1250	40,8	3,6E+06	0,02	0,0160	1,05	1,47	38,9	1,13	1,19	0,20	1,20	8,83
-20	1,546	0	0,84	2,386	650	220	1090	32,8	2,2E+06	0,02	0,0183	1,05	1,47	31,3	1,18	1,24	0,20	1,20	3,94
-40	1,115	0	0,48	1,595	650	140	930	25,7	1,2E+06	0,02	0,0215	1,05	1,47	24,5	1,22	1,28	0,20	1,20	1,56
-60	0,846	0	0,30	1,146	650	100	850	20,2	8,2E+05	0,02	0,0235	1,05	1,47	19,3	1,25	1,32	0,24	1,24	0,75
-80	0,699	0	0,30	0,999	650	100	850	17,6	7,1E+05	0,005	0,0059	1,00	1,45	17,6	1,27	1,27	0,36	1,36	0,55
-100	0,652	0	0,3	0,952	650	100	850	16,8	6,8E+05	0,005	0,0059	1,00	1,45	16,7	1,27	1,28	0,39	1,39	0,50

Tabela 7 força linear aplicada nos elementos tubulares

4.1.2 - Acção do vento

A acção global do vento sobre a estrutura foi determinada considerando uma velocidade do vento média num período correspondente a 10 min. Este pressuposto é válido para o caso de uma plataforma fixa, dado o carácter quase-estático de resposta da estrutura a esta acção. A componente estática da acção do vento é determinada a partir da seguinte expressão:

$$F_w = q_w \cdot C_s \cdot A = \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot U_w(z)^2 \cdot C_s \cdot A$$

onde ρ_a a representa a densidade do ar, U_w a velocidade do vento, C_s o coeficiente de forma e A a área da superfície de exposição ao vento.

A velocidade do vento U_w é determinada em função da altura, a partir da velocidade do vento média a uma altura de referência de 10 m para 1 hora, U_0 , em que U_0 tem valor de 26m/s.

$$U_w(z) = U_0 \cdot \left[1 + C \cdot \ln\left(\frac{z}{10}\right) \right]$$

O coeficiente C é calculado por:

$$C = 0.00573 \cdot (1 + 0.15 \cdot U_0)^{0.5}$$

A variação da pressão dinâmica do vento em altura obtida encontra-se no seguinte gráfico:

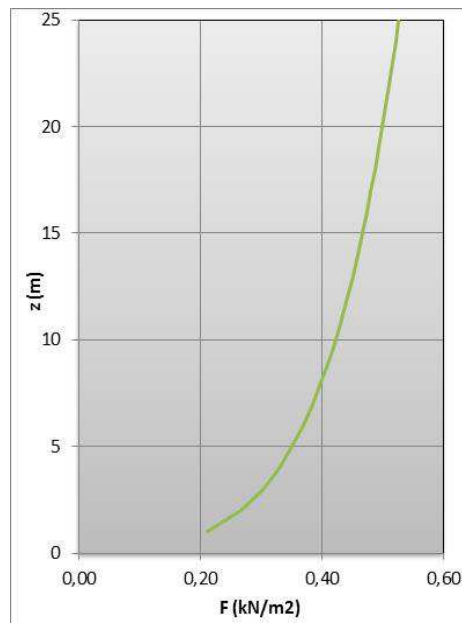


Fig.38: Variação da pressão dinâmica do vento em altura

A acção do vento sobre a projecção da área exposta ao vento, correspondente à instalação acima do nível da água foi calculada considerando um coeficiente de forma, C_s , igual a 1.0. No caso dos perfis cilíndricos o coeficiente de forma é função do número de Reynolds, Re . No caso dos diâmetros adoptados Re é superior que a 5.0×10^5 , referente a regime turbulento e a que corresponde um coeficiente de forma igual a 0.65.

A pressão dinâmica do vento foi assim aplicada nos elementos estruturais que se encontram acima do nível do mar e na estrutura do Deck.

Os parâmetros de vento utilizados no cálculo foram os seguintes:

U_0 (m/s)	26
ρ (kg/m³)	1,25
C	0,127

Tabela 8 – Parâmetros de cálculo para a pressão dinâmica do vento

4.1.3 – Acção do sismo

A região de Angola não é especialmente crítica em termos de sismicidade. De qualquer forma este aspecto foi tido em conta na concepção da estrutura privilegiando um sistema estrutural com capacidade de dissipação de energia e redundância estrutural, não se considerando explicitamente a acção sísmica aplicada.

4.1.4 – Acções acidentais

A acção devido ao embate de navios em elementos do jacket localizados em zonas próximas de circulação dos navios deve ser analisada como uma acção acidental. Para o efeito do presente trabalho esta acção não é considerada.

4.1.5 – Acção da neve e gelo

Estas acções não foram contabilizadas porque em Angola a neve e gelo não condicionam a estrutura, sendo um país tipicamente quente.

4.1.6 – Combinações de acções

As combinações de acções para Estado Limite Últimos (ELU) são definidas de acordo com a norma DNV-OS-C101.

$$S_d = \gamma_{f,G} \cdot G + \gamma_{f,Q} \cdot Q + \gamma_{f,E} \cdot E$$

, onde G representa os esforços resultantes de acções permanentes, Q os esforços resultantes das acções variáveis e E os esforços resultantes das acções ambientais.

Para efeitos de dimensionamento aos estados limite últimos consideram-se as seguintes combinações:

Combinação ^o	Permanentes (G)				Variáveis (Q)	Ambientais (E)	
	PP	PP _{MG}	IMP	DECK	DECK	V	HID
ELU a)	1.2	1.3	1.2	1.3	1.3	0.7	0.7
ELU b)	1.0	-	1.0	1.0	1.0	1.3	1.3

Tabela 9: Combinações para ELU segundo a respectiva norma

Na aplicação de acções para Estado Limite de Serviço (ELS), todos os factores apresentados na tabela 8 são igual a 1.0.

Os casos de carga utilizados no programa de cálculo Robot, bem como as combinações, encontram-se descritos nas tabelas seguintes:

Caso	Legenda	Nome do caso
1	PP	Peso próprio
2	VENTO1	vento_XX
3	VENTO2	vento_YY
4	OndaXX	onda_corrente_XX
5	OndaYY	onda_corrente_YY
6	CPdeck	carga_permanente_deck

Tabela 10: Casos de carga utilizados

Combinações	Nome	Caso	Coef.	Caso	Coef.	Caso	Coef.	Caso	Coef.
8 (C)	ULSa_direcção XX	1	1,30	6	1,30	2	0,70	4	0,70
9 (C)	ULSa_direcção YY	1	1,30	6	1,30	3	0,70	5	0,70
10 (C)	ULSb_direcção XX	1	1,00	2	1,30	4	1,30	6	1,00
11 (C)	ULSb_direcção YY	1	1,00	6	1,00	3	1,30	5	1,30
12 (C)	SLS_XX	1	1,00	2	1,00	4	1,00	6	1,00
13 (C)	SLS_YY	1	1,00	3	1,00	5	1,00	6	1,00

Tabela 11: Combinações de acções utilizadas

5 – Verificação de segurança

A verificação de segurança ao estado limite último de resistência das legs é realizada de acordo com a norma Norsok N-004 aplicável a perfis tubulares. De acordo com esta norma o factor de comprimento efectivo para análise de encurvadura é tomado com valor unitário resultando um comprimento de cerca de 20 m entre planos horizontais.

Parâmetros de dimensionamento:

E 210000 MPa Módulo de elasticidade do aço

ρ_w 10.055 kN/m³ Peso volúmico da água do mar

Apresenta-se de seguida apenas as tabelas resumo dos resultados dos cálculos efectuados para as legs de canto, que são as mais esforçadas. Devido ao volume de resultados, optou-se assim por não apresentar as tabelas para as legs centrais.

Legs de canto superiores

Secção	Barra/Nó/Caso de carga	Prof.		Perfil tubular circular			Esforços de cálculo										Características geométricas					Pressão hidroestática									
		d (m)	D (mm)	t (mm)	l_y (mm)	l_z (mm)	L (mm)	N_{Sd} (kN)	$M_{y,Sd}$ (kNm)	$M_{z,Sd}$ (kNm)	V_{Sd} (kN)	f_x (MPa)	f_y (MPa)	f_z (MPa)	A (mm ²)	I (mm ⁴)	i (mm)	W (mm ³)	Z (mm ³)	$S_{x,Sd}$ (MPa)	$S_{my,Sd}$ (MPa)	$S_{mz,Sd}$ (MPa)	p_{Sd} (MPa)	$S_{p,Sd}$ (MPa)	$S_{y,Sd}$ (MPa)	$S_{z,Sd}$ (MPa)	C_c (MPa)	f_{cl} (MPa)	m		
LegCHS1450x25 (superior)	32/11/8 (C)	0	1450	25	20200	20200	20200	-719,7	-126,6	223,9	106,1	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	64	-3,2	5,7	0,00	0,00	0,00	0,00	70,8	0,3	2172	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	32/11/9 (C)	0	1450	25	20200	20200	20200	-690,1	271,2	151,2	100,5	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	62	6,9	3,9	0,00	0,00	0,00	0,00	69,6	1,3	9414	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	32/11/10 (C)	0	1450	25	20200	20200	20200	-5580,5	-315,1	361,6	196,7	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	50	-8,0	9,2	0,00	0,00	0,00	0,00	62,1	2,3	16655	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	32/11/11 (C)	0	1450	25	20200	20200	20200	-5038,9	423,6	226,5	185,9	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	45	10,8	5,8	0,00	0,00	0,00	0,00	57,3	3,3	23897	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	32/101/8 (C)	0	1450	25	20200	20200	20200	-7242,9	148,6	-65,1	52,5	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	65	3,8	-1,7	0,00	0,00	0,00	0,00	68,9	4,3	31138	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	32/101/9 (C)	0	1450	25	20200	20200	20200	-6960,4	-51,5	-110,9	64,4	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	62	-1,3	-2,8	0,00	0,00	0,00	0,00	65,3	5,3	38379	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	32/101/10 (C)	0	1450	25	20200	20200	20200	-5614,7	218,9	-171,2	102,8	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	50	5,6	-4,4	0,00	0,00	0,00	0,00	57,3	6,5	45621	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	32/101/11 (C)	0	1450	25	20200	20200	20200	-5089,9	-152,7	-256,1	112,0	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	45	-3,9	-6,5	0,00	0,00	0,00	0,00	53,1	7,3	52862	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	33/17/8 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-10231,1	-488,2	195,9	56,5	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	91	-12,5	5,0	0,20	5,83	2,9	107,8	8,3	60103	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	33/17/9 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-10417,2	-545,7	-348,9	75,0	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	93	-13,9	-8,9	0,20	5,83	2,9	112,5	9,3	67345	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	33/17/10 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-8883,6	-132,3	449,8	109,9	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	79	-3,4	11,5	0,20	5,83	2,9	94,3	10,3	74586	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	33/17/11 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-9229,2	-239,0	-562,1	122,4	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	82	-6,1	-14,3	0,20	5,83	2,9	101,0	11,3	81828	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	33/25/8 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-10468,5	661,7	141,7	98,3	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	94	16,9	3,6	0,20	5,83	2,9	113,7	12,3	89069	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	33/25/9 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-10654,6	688,8	78,0	95,2	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	95	17,6	2,0	0,20	5,83	2,9	115,8	13,3	96310	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	33/25/10 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-9080,7	621,6	154,2	133,5	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	81	15,9	3,9	0,20	5,83	2,9	100,4	14,3	103552	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	33/25/11 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-9426,3	672,0	35,9	132,3	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	84	17,1	0,9	0,20	5,83	2,9	104,3	15,3	110793	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	35/18/8 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-8361,5	-939,4	355,5	147,9	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	75	-24,0	9,1	0,20	5,83	2,9	103,3	16,3	118034	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	35/18/9 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-10411,7	-546,8	348,4	75,0	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	93	-14,0	8,9	0,20	5,83	2,9	112,5	17,3	125276	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	35/18/10 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-5417,3	-968,8	574,8	196,5	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	48	-24,7	14,7	0,20	5,83	2,9	80,1	18,3	132517	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	35/18/11 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-9224,8	-239,8	561,7	122,3	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	82	-6,1	14,3	0,20	5,83	2,9	100,9	19,3	139759	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	35/26/8 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-8572,3	455,0	-59,4	27,7	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	77	11,6	-1,5	0,20	5,83	2,9	91,2	20,3	147000	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	35/26/9 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-10649,0	688,6	-77,9	95,3	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	95	17,6	-2,0	0,20	5,83	2,9	115,7	21,3	154241	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	35/26/10 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-5565,0	237,9	-1,4	72,1	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	50	6,1	0,0	0,20	5,83	2,9	58,7	22,3	161483	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	35/26/11 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-9421,8	671,8	-35,8	132,4	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	84	17,1	-0,9	0,20	5,83	2,9	104,3	23,3	168724	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	38/27/8 (C)	40	1450	25	20200	20200	20200	-8578,2	454,2	-59,8	27,7	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	77	11,6	-1,5	0,40	11,66	5,8	94,2	24,3	175966	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	38/27/9 (C)	40	1450	25	20200	20200	20200	-8392,9	427,4	-121,4	44,3	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	75	10,9	-3,1	0,40	11,66	5,8	92,2	25,3	183207	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	38/27/10 (C)	40	1450	25	20200	20200	20200	-5569,6	237,3	-1,8	72,2	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	50	6,1	0,0	0,40	11,66	5,8	61,7	26,3	190448	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	38/27/11 (C)	40	1450	25	20200	20200	20200	-5225,4	187,6	-116,3	87,2	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	47	4,8	-3,0	0,40	11,66	5,8	58,2	27,3	197690	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	38/19/8 (C)	40	1450	25	20200	20200	20200	-8367,4	-938,0	355,5	147,9	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	75	-23,9	9,1	0,40	11,66	5,8	106,2	28,3	204931	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	38/19/9 (C)	40	1450	25	20200	20200	20200	-8182,0	-880,8	-193,4	136,7	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	73	-22,5	-4,9	0,40	11,66	5,8	101,9	29,3	212172	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	38/19/10 (C)	40	1450	25	20200	20200	20200	-5421,9	-967,8	574,9	196,5	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	48	-24,7	14,7	0,40	11,66	5,8	83,0	30,3	219414	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	38/19/11 (C)	40	1450	25	20200	20200	20200	-5077,7	-861,5	-444,6	182,5	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	45	-22,0	-11,3	0,40	11,66	5,8	75,9	31,3	226655	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	40/28/8 (C)	40	1450	25	20200	20200	20200	-10463,5	660,7	141,8	98,3	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	93	16,9	3,6	0,40	11,66	5,8	116,6	32,3	233897	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	40/28/9 (C)	40	1450	25	20200	20200	20200	-8387,4	427,3	121,3	44,3	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	75	10,9	3,1	0,40	11,66	5,8	92,1	33,3	241138	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	40/28/10 (C)	40	1450	25	20200	20200	20200	-9076,8	620,9	154,3	133,4	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	81	15,8	3,9	0,40	11,66	5,8	103,3	34,3	248379	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	40/28/11 (C)	40	1450	25	20200	20200	20200	-5221,1	187,5	116,2	87,1	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	47	4,8	3,0	0,40	11,66	5,8	58,1	35,3	255621	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	40/20/8 (C)	40	1450	25	20200	20200	20200	-10226,2	-489,4	196,9	56,5	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	91	-12,5	5,0	0,40	11,66	5,8	110,7	36,3	262862	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	40/20/9 (C)	40	1450	25	20200	20200	20200	-8176,6	-882,3	193,9	136,8	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	73	-22,5	4,9	0,40	11,66	5,8	101,9	37,3	270103	345	150	
LegCHS1450x25 (superior)	40/20/10 (C)	40	1450	25	20200	20200	20																								

LegCHS1450x25 (superior)	45/18/10 (C)	5	1450	25	20200	20200	20200	-5712,1	-541,5	429,8	230,2	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	51	-13,8	11,0	0,05	1,46	0,7	69,4	46,3	335276	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	45/18/11 (C)	5	1450	25	20200	20200	20200	-5251,0	55,8	439,4	198,1	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	47	1,4	11,2	0,05	1,46	0,7	58,9	47,3	342517	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	47/19/8 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-7392,5	-436,7	253,0	138,1	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	66	-11,1	6,5	0,20	5,83	2,9	81,8	48,3	349759	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	47/19/9 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-7595,1	-381,8	-185,9	138,4	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	68	-9,7	-4,7	0,20	5,83	2,9	81,6	49,3	357000	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	47/19/10 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-5711,0	-539,8	430,5	230,1	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	51	-13,8	11,0	0,20	5,83	2,9	71,7	50,3	364241	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	47/19/11 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-6087,5	-437,8	-384,5	230,7	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	54	-11,2	-9,8	0,20	5,83	2,9	72,2	51,3	371483	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	47/108/8 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-7241,5	146,8	-66,0	52,6	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	65	3,7	-1,7	0,20	5,83	2,9	71,7	52,3	378724	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	47/108/9 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-7444,2	155,6	203,7	51,4	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	67	4,0	5,2	0,20	5,83	2,9	76,0	53,3	385966	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	47/108/10 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-5613,6	217,5	-171,9	102,9	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	50	5,5	-4,4	0,20	5,83	2,9	60,1	54,3	393207	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	47/108/11 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-9900,0	233,9	329,1	102,2	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	54	6,0	8,4	0,20	5,83	2,9	66,7	55,3	400448	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	73/108/8 (C)	5	1450	25	20200	20200	20200	-7241,5	146,9	-66,1	52,5	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	65	3,7	-1,7	0,05	1,46	0,7	69,5	56,3	407690	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	73/108/9 (C)	5	1450	25	20200	20200	20200	-7444,2	155,7	203,7	51,4	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	67	4,0	5,2	0,05	1,46	0,7	73,8	57,3	414931	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	73/108/10 (C)	5	1450	25	20200	20200	20200	-5613,6	217,6	-171,9	102,9	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	50	5,6	-4,4	0,05	1,46	0,7	58,0	58,3	422172	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	73/108/11 (C)	5	1450	25	20200	20200	20200	-5990,0	234,0	329,0	102,2	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	54	6,0	8,4	0,05	1,46	0,7	64,6	59,3	429414	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	73/9/8 (C)	5	1450	25	20200	20200	20200	-7190,3	-129,5	222,2	106,2	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	64	-3,3	5,7	0,05	1,46	0,7	71,5	60,3	436655	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	73/9/9 (C)	5	1450	25	20200	20200	20200	-7393,0	-136,9	-62,2	105,6	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	66	-3,5	-1,6	0,05	1,46	0,7	70,6	61,3	443897	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	73/9/10 (C)	5	1450	25	20200	20200	20200	-5579,4	-317,4	360,2	196,7	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	50	-8,1	9,2	0,05	1,46	0,7	62,8	62,3	451138	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	73/9/11 (C)	5	1450	25	20200	20200	20200	-5955,9	-331,0	-167,9	196,6	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	53	-8,4	-4,3	0,05	1,46	0,7	63,4	63,3	458379	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	394/12/8 (C)	0	1450	25	20200	20200	20200	-7104,5	263,0	117,9	99,7	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	63	6,7	3,0	0,00	0,00	0,0	70,8	64,3	465621	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	394/12/9 (C)	0	1450	25	20200	20200	20200	-6899,5	269,1	-149,9	100,3	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	62	6,9	-3,8	0,00	0,00	0,0	69,5	65,3	472862	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	394/12/10 (C)	0	1450	25	20200	20200	20200	-5420,0	411,5	271,8	185,6	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	48	10,5	6,9	0,00	0,00	0,0	61,0	66,3	480103	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	394/12/11 (C)	0	1450	25	20200	20200	20200	-5039,3	422,7	-225,5	185,8	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	45	10,8	-5,8	0,00	0,00	0,0	57,2	67,3	487345	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	394/9/8 (C)	0	1450	25	20200	20200	20200	-7164,7	-43,9	-155,1	63,2	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	64	-1,1	-4,0	0,00	0,00	0,0	68,1	68,3	494586	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	394/9/9 (C)	0	1450	25	20200	20200	20200	-6959,7	-52,7	111,8	64,2	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	62	-1,3	2,9	0,00	0,00	0,0	65,3	69,3	501828	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	394/9/10 (C)	0	1450	25	20200	20200	20200	-5471,0	-136,8	-238,7	111,2	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	49	-3,5	-6,1	0,00	0,00	0,0	55,9	70,3	509069	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	394/9/11 (C)	0	1450	25	20200	20200	20200	-5090,2	-153,2	256,8	111,9	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	45	-3,9	6,6	0,00	0,00	0,0	53,1	71,3	516310	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	395/9/8 (C)	5	1450	25	20200	20200	20200	-7164,7	-43,8	-155,0	63,2	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	64	-1,1	-4,0	0,05	1,46	0,7	68,9	72,3	523552	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	395/9/9 (C)	5	1450	25	20200	20200	20200	-6959,7	-52,6	111,8	64,2	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	62	-1,3	2,9	0,05	1,46	0,7	66,1	73,3	530793	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	395/9/10 (C)	5	1450	25	20200	20200	20200	-5471,0	-136,7	-238,7	111,2	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	49	-3,5	-6,1	0,05	1,46	0,7	56,6	74,3	538034	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	395/9/11 (C)	5	1450	25	20200	20200	20200	-5090,2	-153,1	256,9	111,9	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	45	-3,9	6,6	0,05	1,46	0,7	53,8	75,3	545276	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	395/17/8 (C)	5	1450	25	20200	20200	20200	-7349,9	-61,5	181,1	95,9	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	66	-1,6	4,6	0,05	1,46	0,7	71,3	76,3	552517	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	395/17/9 (C)	5	1450	25	20200	20200	20200	-7144,9	-116,0	-257,6	96,5	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	64	-3,0	-6,6	0,05	1,46	0,7	71,8	77,3	559759	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	395/17/10 (C)	5	1450	25	20200	20200	20200	-5632,1	157,7	375,1	197,0	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	50	4,0	9,6	0,05	1,46	0,7	61,4	78,3	567000	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	395/17/11 (C)	5	1450	25	20200	20200	20200	-5251,4	56,5	-439,6	198,2	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	47	1,4	-11,2	0,05	1,46	0,7	59,0	79,3	574241	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	396/20/8 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-7351,4	-62,3	180,8	95,9	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	66	-1,6	4,6	0,20	5,83	2,9	73,5	80,3	581483	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	396/20/9 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-7597,4	-383,5	186,2	138,7	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	68	-9,8	4,7	0,20	5,83	2,9	81,7	81,3	588724	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	396/20/10 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-5633,3	157,1	574,9	197,0	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	50	4,0	9,6	0,20	5,83	2,9	63,6	82,3	595966	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	396/20/11 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-6090,1	-439,5	384,8	231,0	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	54	-11,2	9,8	0,20	5,83	2,9	72,2	83,3	603207	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	396/111/8 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-7166,2	-42,3	-156,1	63,3	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	64	-1,1	-4,0	0,20	5,83	2,9	71,1	84,3	610448	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	396/111/9 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-7446,4	157,9	-204,8	51,1	345	1	1	1,12E+05	2,84E+10	504	3,92E+07	5,08E+07	67	4,0	-5,2	0,20	5,83	2,9	76,0	85,3	617690	345	150
LegCHS1450x25 (superior)	396/111/10 (C)	20	1450	25	20200	20200	20200	-5472,1	-135,5	-239,6	111,2	345	1																	

Legs de canto inferiores

Secção	Barra/Nó/Caso de carga	Prof.		Perfil tubular circular		Esforços de cálculo										Características geométricas					Pressão hidroestática								
		d (m)	D (mm)	t (mm)	l ₁ (mm)	l ₂ (mm)	L (mm)	N _{St} (kN)	M _{y,St} (kNm)	M _{z,St} (kNm)	V _{St} (kN)	f _y (MPa)	k _y	k _z	A (mm ²)	I (mm ⁴)	i (mm)	W (mm ³)	Z (mm ³)	S _{x,St} (MPa)	S _{my,St} (MPa)	S _{mz,St} (MPa)	p _{St} (MPa)	p _{y,St} (MPa)	p _{z,St} (MPa)	S _{c,St} (MPa)	C _c	f _{ctd} (MPa)	f _{td} (MPa)
LagCHS1450x30 (inferior)	21/25/8 (C)	40	1450	30	20200	20200	-10510,4	509,9	119,5	49,2	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	79	11,0	2,6	0,40	9,72	4,9	94,6	0,3	2607	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	21/25/9 (C)	40	1450	30	20200	20200	-10696,5	529,7	116,9	45,1	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	80	11,4	2,5	0,40	9,72	4,9	96,4	1,3	11297	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	21/25/10 (C)	40	1450	30	20200	20200	-9107,3	482,9	112,0	64,9	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	68	10,4	2,4	0,40	9,72	4,9	83,6	2,3	19986	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	21/25/11 (C)	40	1450	30	20200	20200	-9453,0	519,6	107,1	60,3	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	71	11,2	2,3	0,40	9,72	4,9	86,9	3,3	28676	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	21/33/8 (C)	40	1450	30	20200	20200	-10783,2	-391,9	-7,9	47,9	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	81	-8,4	-0,2	0,40	9,72	4,9	93,9	4,3	37366	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	21/33/9 (C)	40	1450	30	20200	20200	-10969,3	-409,4	-254,0	60,1	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	82	-8,8	-5,5	0,40	9,72	4,9	97,2	5,3	46055	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	21/33/10 (C)	40	1450	30	20200	20200	-9322,5	-284,9	99,3	37,4	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	70	-6,1	2,1	0,40	9,72	4,9	81,0	6,3	54745	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	21/33/11 (C)	40	1450	30	20200	20200	-9668,1	-317,4	-357,8	59,5	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	72	-6,8	-7,7	0,40	9,72	4,9	87,4	7,3	63434	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	26/26/8 (C)	40	1450	30	20200	20200	-8624,4	343,5	-83,3	3,4	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	64	7,4	-1,8	0,40	9,72	4,9	76,9	8,3	72124	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	26/26/9 (C)	40	1450	30	20200	20200	-10691,0	529,5	-116,8	45,0	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	80	11,4	-2,5	0,40	9,72	4,9	96,4	9,3	80814	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	26/26/10 (C)	40	1450	30	20200	20200	-5610,6	173,9	-44,8	26,0	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	42	3,7	-1,0	0,40	9,72	4,9	50,6	10,3	89503	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	26/26/11 (C)	40	1450	30	20200	20200	-9448,6	519,4	-107,0	60,3	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	71	11,2	-2,3	0,40	9,72	4,9	86,9	11,3	98193	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	26/34/8 (C)	40	1450	30	20200	20200	-8887,5	-421,1	202,5	80,6	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	66	-9,0	4,4	0,40	9,72	4,9	81,3	12,3	106883	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	26/34/9 (C)	40	1450	30	20200	20200	-10963,8	-409,2	253,9	60,0	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	82	-8,8	5,5	0,40	9,72	4,9	97,1	13,3	115572	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	26/34/10 (C)	40	1450	30	20200	20200	-5807,7	-339,3	262,3	86,6	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	43	-7,3	5,6	0,40	9,72	4,9	57,5	14,3	124262	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	26/34/11 (C)	40	1450	30	20200	20200	-9663,7	-317,3	357,8	59,5	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	72	-6,8	7,7	0,40	9,72	4,9	87,3	15,3	132952	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	37/33/8 (C)	60	1450	30	20200	20200	-13654,4	-943,7	-17,9	81,8	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	102	-20,3	-0,4	0,60	14,58	7,3	129,6	16,3	141641	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	37/33/9 (C)	60	1450	30	20200	20200	-14534,2	-959,8	-229,9	85,7	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	109	-20,6	-4,9	0,60	14,58	7,3	137,1	17,3	150331	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	37/33/10 (C)	60	1450	30	20200	20200	-13489,4	-717,6	78,4	58,1	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	101	-15,4	1,7	0,60	14,58	7,3	123,6	18,3	159021	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	37/33/11 (C)	60	1450	30	20200	20200	-15123,4	-747,4	-315,2	68,5	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	113	-16,1	-6,8	0,60	14,58	7,3	137,7	19,3	167710	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	37/41/8 (C)	60	1450	30	20200	20200	-13925,2	541,1	57,1	64,6	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	104	11,6	1,2	0,60	14,58	7,3	123,0	20,3	176400	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	37/41/9 (C)	60	1450	30	20200	20200	-14805,0	541,9	82,6	63,5	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	111	11,6	1,8	0,60	14,58	7,3	129,7	21,3	185090	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	37/41/10 (C)	60	1450	30	20200	20200	-13700,7	490,4	57,9	63,5	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	102	10,5	1,2	0,60	14,58	7,3	120,3	22,3	193779	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	37/41/11 (C)	60	1450	30	20200	20200	-15334,7	492,0	105,4	61,4	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	115	10,6	2,3	0,60	14,58	7,3	132,7	23,3	202469	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	39/41/8 (C)	80	1450	30	20200	20200	-13983,8	333,9	54,0	10,2	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	104	7,2	1,2	0,80	19,44	9,7	121,5	24,3	211159	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	39/41/9 (C)	80	1450	30	20200	20200	-14865,5	325,4	128,1	17,1	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	111	7,0	2,8	0,80	19,44	9,7	128,3	25,3	219848	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	39/41/10 (C)	80	1450	30	20200	20200	-13746,8	309,1	34,9	10,0	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	103	6,6	0,7	0,80	19,44	9,7	119,1	26,3	228538	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	39/41/11 (C)	80	1450	30	20200	20200	-15384,1	293,2	172,6	27,4	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	115	6,3	3,7	0,80	19,44	9,7	132,0	27,3	237228	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	39/185/8 (C)	80	1450	30	20200	20200	-14254,1	-78,4	222,4	35,6	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	107	-1,7	4,8	0,80	19,44	9,7	121,3	28,3	245917	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	39/185/9 (C)	80	1450	30	20200	20200	-15135,7	54,3	-404,2	41,9	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	113	1,2	-8,7	0,80	19,44	9,7	131,6	29,3	254607	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	39/185/10 (C)	80	1450	30	20200	20200	-13957,2	148,1	421,1	34,3	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	104	3,2	9,0	0,80	19,44	9,7	123,6	30,3	263297	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	39/185/11 (C)	80	1450	30	20200	20200	-15594,5	394,6	-74,2	58,0	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	117	8,5	-15,9	0,80	19,44	9,7	144,3	31,3	271986	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	42/34/8 (C)	60	1450	30	20200	20200	-8160,9	-960,0	187,2	97,3	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	61	-20,6	4,0	0,60	14,58	7,3	89,3	32,3	280676	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	42/34/9 (C)	60	1450	30	20200	20200	-14530,8	-959,7	229,8	85,7	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	109	-20,6	4,9	0,60	14,58	7,3	137,1	33,3	289366	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	42/34/10 (C)	60	1450	30	20200	20200	-3290,8	-747,9	235,9	84,7	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	25	-16,1	5,1	0,60	14,58	7,3	48,7	34,3	298055	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	42/34/11 (C)	60	1450	30	20200	20200	-15120,7	-747,3	315,2	68,4	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	113	-16,1	6,8	0,60	14,58	7,3	137,7	35,3	306745	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	42/42/8 (C)	60	1450	30	20200	20200	-8426,1	403,7	-30,1	37,6	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	63	8,7	-0,6	0,60	14,58	7,3	78,9	36,3	315434	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	42/42/9 (C)	60	1450	30	20200	20200	-14801,6	541,7	-82,7	63,5	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	111	11,6	-1,8	0,60	14,58	7,3	129,7	37,3	324124	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	42/42/10 (C)	60	1450	30	20200	20200	-3491,7	235,4	-7,9	16,0	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	26	5,1	-0,2	0,60	14,58	7,3	38,4	38,3	332814	345	137
LagCHS1450x30 (inferior)	42/42/11 (C)	60	1450	30	20200	20200	-15332,0	491,8	-105,4	61,3	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	115	10,6	-2,3								

LegCHS1450x30 (inferior)	46/27/10 (C)	60	1450	30	20200	20200	20200	-5614.9	174.0	-45.0	26.0	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	42	3.7	-1.0	0.60	14.58	7.3	53.1	54.3	471848	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	46/27/11 (C)	60	1450	30	20200	20200	20200	-5270.7	137.7	-46.6	33.1	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	39	3.0	-1.0	0.60	14.58	7.3	49.8	55.3	480538	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	48/36/8 (C)	60	1450	30	20200	20200	20200	-10777.9	-391.2	-9.3	47.9	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	81	-8.4	-0.2	0.60	14.58	7.3	96.2	56.3	489228	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	48/36/9 (C)	60	1450	30	20200	20200	20200	-8702.2	-402.4	44.4	74.2	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	65	-8.6	1.0	0.60	14.58	7.3	81.0	57.3	479171	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	48/36/10 (C)	60	1450	30	20200	20200	20200	-9318.3	-284.4	98.2	37.4	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	70	-6.1	2.1	0.60	14.58	7.3	83.4	58.3	506607	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	48/36/11 (C)	60	1450	30	20200	20200	20200	-5463.5	-305.2	197.8	80.2	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	41	-6.6	4.2	0.60	14.58	7.3	55.9	59.3	515297	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	48/28/8 (C)	60	1450	30	20200	20200	20200	-10505.1	509.7	119.5	49.2	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	78	10.9	2.6	0.60	14.58	7.3	97.0	60.3	523986	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	48/28/9 (C)	60	1450	30	20200	20200	20200	-8439.1	323.8	84.2	18.6	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	63	7.0	1.8	0.60	14.58	7.3	77.5	61.3	532676	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	48/28/10 (C)	60	1450	30	20200	20200	20200	-9103.2	482.7	112.0	64.8	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	68	10.4	2.4	0.60	14.58	7.3	80.0	62.3	541366	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	48/28/11 (C)	60	1450	30	20200	20200	20200	-5266.4	137.6	46.5	33.1	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	39	3.0	1.0	0.60	14.58	7.3	49.8	63.3	550055	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	53/183/8 (C)	100	1450	30	20200	20200	20200	-8753.9	-464.2	241.1	66.7	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	65	-10.0	5.2	1.01	24.30	12.1	88.8	64.3	558745	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	53/183/9 (C)	100	1450	30	20200	20200	20200	-7872.4	-602.5	-399.2	76.3	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	59	-12.9	-8.6	1.01	24.30	12.1	86.5	65.3	567434	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	53/183/10 (C)	100	1450	30	20200	20200	20200	-3740.6	-570.6	440.2	77.2	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	28	-12.3	9.5	1.01	24.30	12.1	55.6	66.3	576124	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	53/183/11 (C)	100	1450	30	20200	20200	20200	-2103.5	-827.5	-748.8	99.5	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	16	-17.8	-16.1	1.01	24.30	12.1	51.8	67.3	584814	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	53/43/8 (C)	100	1450	30	20200	20200	20200	-8488.2	233.7	-63.7	11.0	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	63	5.0	-1.4	1.01	24.30	12.1	80.8	68.3	593303	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	53/43/9 (C)	100	1450	30	20200	20200	20200	-7606.7	241.4	7.3	20.8	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	57	5.2	0.2	1.01	24.30	12.1	74.2	69.3	602193	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	53/43/10 (C)	100	1450	30	20200	20200	20200	-3538.8	126.5	-54.3	11.9	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	26	2.7	-1.2	1.01	24.30	12.1	41.5	70.3	610883	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	53/43/11 (C)	100	1450	30	20200	20200	20200	-1901.7	140.7	77.5	35.0	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	14	3.0	1.7	1.01	24.30	12.1	29.8	71.3	619572	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	54/43/8 (C)	80	1450	30	20200	20200	20200	-8431.5	404.7	-30.2	37.6	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	63	8.7	-0.6	0.80	19.44	9.7	81.4	72.3	626262	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	54/43/9 (C)	80	1450	30	20200	20200	20200	-7551.7	403.1	-7.7	37.3	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	56	8.7	-0.2	0.80	19.44	9.7	74.8	73.3	636952	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	54/43/10 (C)	80	1450	30	20200	20200	20200	-3496.0	236.2	-7.9	16.1	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	26	5.1	-0.2	0.80	19.44	9.7	40.9	74.3	645641	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	54/43/11 (C)	80	1450	30	20200	20200	20200	-1862.1	233.2	33.9	15.9	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	14	5.0	0.7	0.80	19.44	9.7	28.7	75.3	654331	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	54/35/8 (C)	80	1450	30	20200	20200	20200	-8166.3	-959.5	185.8	97.3	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	61	-20.6	4.0	0.80	19.44	9.7	91.7	76.3	663021	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	54/35/9 (C)	80	1450	30	20200	20200	20200	-7286.5	-943.5	-25.5	93.8	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	54	-20.3	-0.5	0.80	19.44	9.7	84.4	77.3	671710	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	54/35/10 (C)	80	1450	30	20200	20200	20200	-3295.0	-747.5	234.9	84.7	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	25	-16.1	5.0	0.80	19.44	9.7	51.2	78.3	680400	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	54/35/11 (C)	80	1450	30	20200	20200	20200	-1661.1	-717.8	-157.6	80.0	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	12	-15.4	-3.4	0.80	19.44	9.7	37.9	79.3	689090	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	55/180/8 (C)	100	1450	30	20200	20200	20200	-14252.5	-76.1	222.9	35.4	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	106	-1.6	4.8	1.01	24.30	12.1	123.7	80.3	697779	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	55/180/9 (C)	100	1450	30	20200	20200	20200	-7869.0	-602.3	399.1	76.3	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	59	-12.9	8.6	1.01	24.30	12.1	86.5	81.3	706469	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	55/180/10 (C)	100	1450	30	20200	20200	20200	-13955.9	149.8	421.6	34.3	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	104	3.2	9.1	1.01	24.30	12.1	126.0	82.3	715159	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	55/180/11 (C)	100	1450	30	20200	20200	20200	-2100.9	-827.3	748.7	99.5	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	16	-17.8	16.1	1.01	24.30	12.1	51.8	83.3	723848	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	55/44/8 (C)	100	1450	30	20200	20200	20200	-13982.2	330.5	52.7	9.9	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	104	7.1	1.1	1.01	24.30	12.1	123.8	84.3	732538	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	55/44/9 (C)	100	1450	30	20200	20200	20200	-7603.3	241.2	-7.2	20.8	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	57	5.2	-0.2	1.01	24.30	12.1	74.1	85.3	741228	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	55/44/10 (C)	100	1450	30	20200	20200	20200	-13745.5	306.4	33.9	9.8	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	103	6.6	0.7	1.01	24.30	12.1	121.5	86.3	749917	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	55/44/11 (C)	100	1450	30	20200	20200	20200	-1899.0	140.6	-77.5	35.0	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	14	3.0	-1.7	1.01	24.30	12.1	29.8	87.3	758607	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	56/44/8 (C)	80	1450	30	20200	20200	20200	-13923.9	541.7	57.2	64.5	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	104	11.6	1.2	0.80	19.44	9.7	125.5	88.3	767297	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	56/44/9 (C)	80	1450	30	20200	20200	20200	-7548.3	402.9	7.7	37.3	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	56	8.7	0.2	0.80	19.44	9.7	74.8	89.3	775986	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	56/44/10 (C)	80	1450	30	20200	20200	20200	-13699.7	490.9	58.0	63.5	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	102	10.5	1.2	0.80	19.44	9.7	122.7	90.3	784676	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	56/44/11 (C)	80	1450	30	20200	20200	20200	-1839.4	233.1	-33.9	15.9	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	14	5.0	-0.7	0.80	19.44	9.7	28.7	91.3	793366	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	56/36/8 (C)	80	1450	30	20200	20200	20200	-13653.2	-943.1	-16.5	81.8	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	102	-20.3	-0.4	0.80	19.44	9.7	132.0	92.3	802055	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	56/36/9 (C)	80	1450	30	20200	20200	20200	-7283.2	-943.4	25.6	93.7	345	1	1	1,34E+05	3,37E+10	502	4,65E+07	6,05E+07	54	-20.3	0.5	0.80	19.44	9.7	84.4	93.3	810745	345	137
LegCHS1450x30 (inferior)	56/36/10 (C)	80	1450	30	20200	20200																								

De seguida é apresentada a legenda correspondente às tabelas resumo do cálculo em cima descritas.

Legenda

d: profundidade da secção

D: diâmetro exterior

t: espessura do tubo

l_y, l_z : comprimento entre nós travados

L: comprimento entre nós de extremidade ou anéis rigidificadores

k_y, k_z : coeficientes de encurvadura

A: área

I: inércia

i: raio de giração

W: módulo elástico

Z: módulo plástico

p_{sd} : pressão hidroestática

$s_{p,sd}$: tensão circunferencial devido à pressão hidroestática

$s_{q,sd}$: tensão axial de compressão devido à pressão hidroestática

$s_{c,sd}$: tensão total

f_{cd} : resistência característica à encurvadura

$f_{t,h,Rd}$: resistência à tracção na presença de pressão hidroestática

$f_{ch,Rd}$: resistência à compressão na presença de pressão hidroestática

$f_{mh,Rd}$: resistência à flexão na presença de pressão hidroestática

C_{my}, C_{mz} : factores redutores

Verifica-se de seguida a segurança de uma ligação X. A verificação de segurança é realizada de acordo com a Norsok-N004. A ligação identificada na figura seguinte foi escolhida ao acaso.

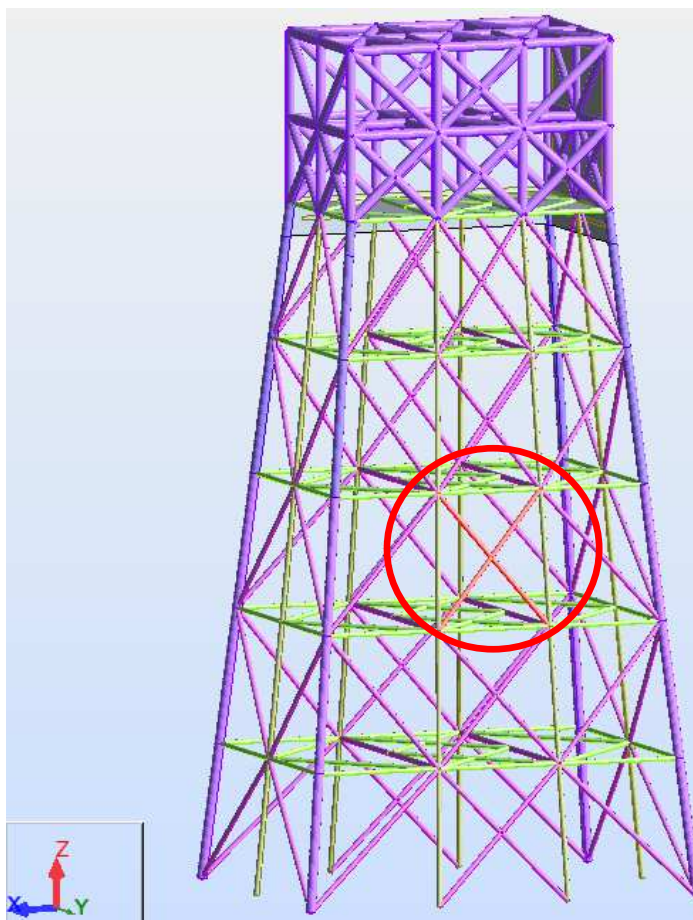


Fig.39: Identificação da ligação X

Os esforços axiais de cálculo mais condicionantes para a verificação da segurança correspondem à combinação ELUb_XX.

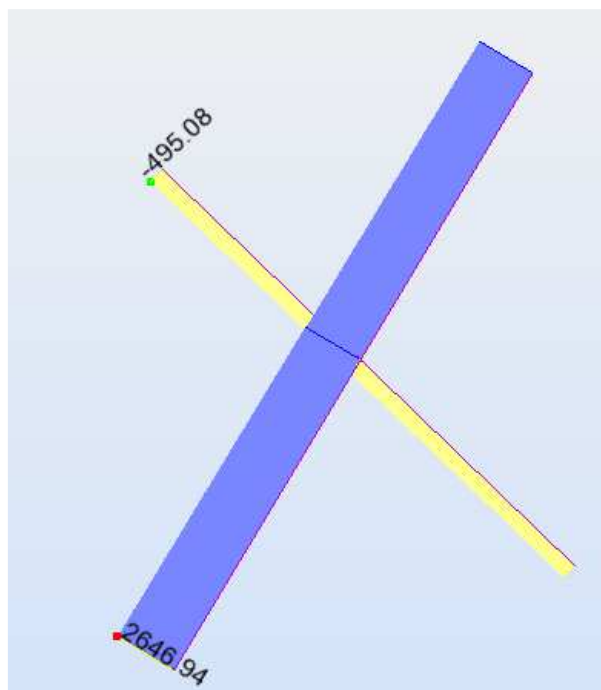


Fig.40: Esforço axial na ligação X – combinação ELUb_XX

Nestas condições a verificação de segurança da ligação X é resumida na folha de cálculo seguinte, admitindo que não é necessário reforço.

Verifica-se que a segurança é verificada, não sendo necessário proceder a nenhum tipo de reforço nesta ligação em particular.

Corda		Diagonal		Diagonal B	
Tipologia					
		K	0%	K	0%
		Y	0%	Y	0%
		X	100%	X	100%
Tensão de cedência					
$f_{y,c}$	345 N/mm ²	$f_{y,b}$	345 N/mm ²	$f_{y,b}$	345 N/mm ²
Secção transversal					
D	750 mm	d	750 mm	d_B	750 mm
T_n	20 mm	t	20 mm	t_B	20 mm
Reforço					
a_{min}	300 mm				
a	0 mm	L_c	776 mm		
T_c	0 mm	r	0,69		
$N_{can,Rd}$	0 kN				
Parâmetros geométricos					
g	18,75	b	1,00	b_b	1,00
A	4,59E+04 mm ²	t	1,00	t_b	1,00
I	3,06E+09 mm ⁴	q	75 °	q_B	75 °
W	8,15E+06 mm ³			gap	50 mm
Esforços					
$N_{s,d}$	-2646,94 kN	$N_{s,d}$	1403 kN	$N_{s,d}$	1496,2 kN
$M_{y,s,d}$	91,04 kNm	$M_{y,s,d}$	202,77 kNm	$M_{y,s,d}$	78,54 kNm
$M_{z,s,d}$	2,97 kNm	$M_{z,s,d}$	136,23 kNm	$M_{z,s,d}$	136,23 kNm
Tensões					
S_a	-57,7 MPa	Q_b	1,796	Q_b	1,796 Factor geométrico
$S_{m_y,s,d}$	11,2 MPa			Q_g	1,11 Factor de espaçamento
$S_{m_z,s,d}$	0,4 MPa				
Factor de acção na corda, Q_f		Factor de resistência, Q_u			
C_1	-0,2	$Q_{u,N,K}$	42,64	$Q_{u,N,K}$	42,64
C_2	0	$Q_{u,N,Y}$	37,80	$Q_{u,N,Y}$	37,80
C_3	0,2	$Q_{u,N,X}$	29,96	$Q_{u,N,X}$	29,96
A^2	2,86E-02	Q_{u,M_y}	18,13	Q_{u,M_y}	18,13
Q_f	1,03	Q_{u,M_z}	10,75	Q_{u,M_z}	10,75
Coeficiente parcial de segurança		Esforços resistentes			
γ_M	1,15	N_{Rd}	3825 kN	N_{Rd}	3825 kN
		$M_{y,Rd}$	1736 kNm	$M_{y,Rd}$	1736 kNm
		$M_{z,Rd}$	1029 kNm	$M_{z,Rd}$	1029 kNm
Verificação de validade		Verificação de segurança			
$0,2 \leq b \leq 1$	OK	Rácio	0,51 OK	Rácio	0,53 OK
$10 \leq g \leq 50$	OK				
$30^\circ \leq q \leq 90^\circ$	OK				
$g/D \geq -0,6$	OK				

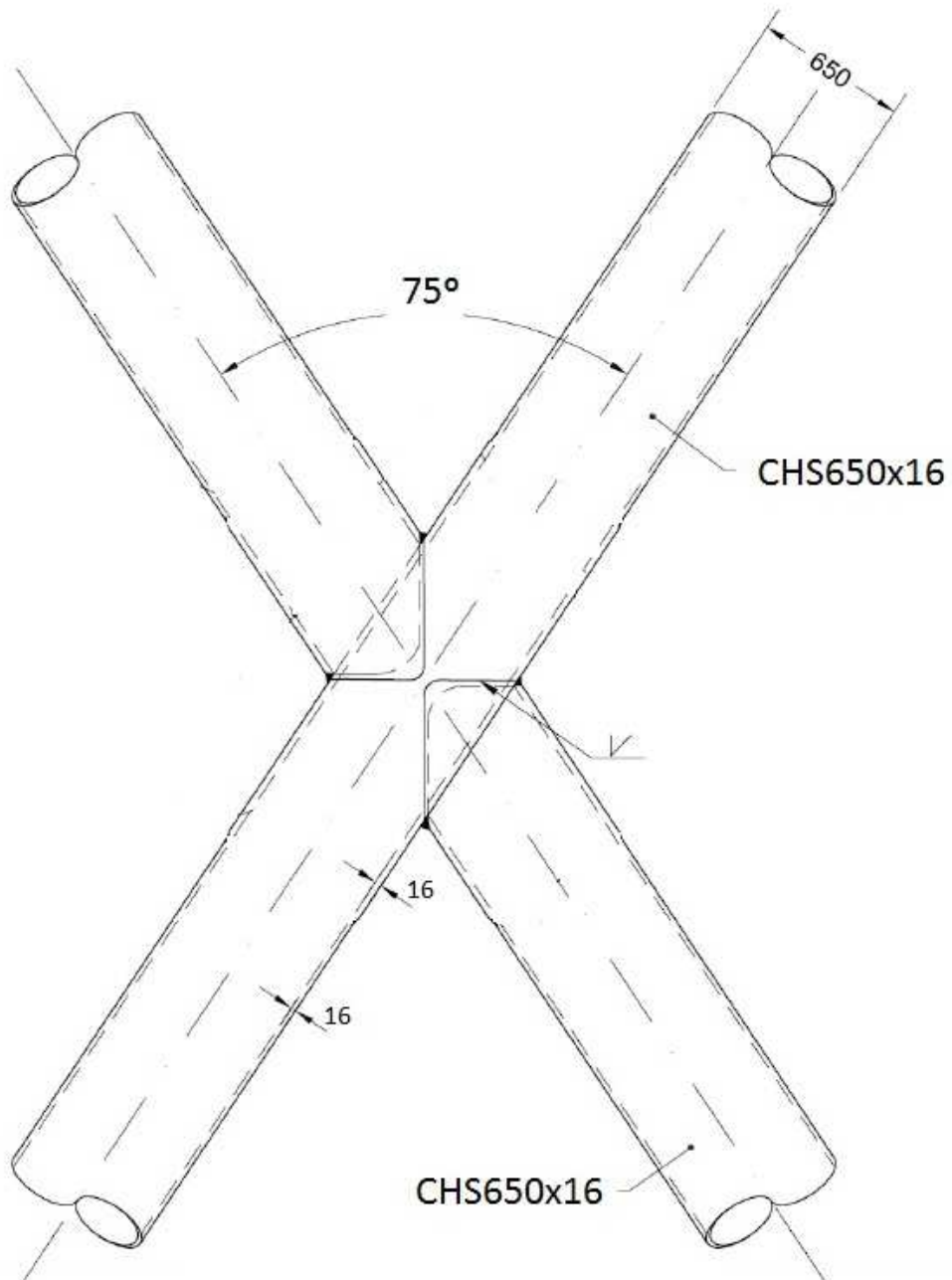
Notas:

$N_{s,d} < 0$ compressão

$M_{y,s,d}$: momento flector no plano da ligação

$M_{z,s,d}$: momento flector para fora do plano da ligação

Pormenor da ligação em X: (escala 1:50, dimensões em milímetros)



Anexos

A -Lista de Siglas

Siglas

API - American Petroleum Institute
CMM – Associação de Construção Metálica e Mista www.CMM.pt
CEN - European Committee for Standardization,
DEC - Departamento de Engenharia Civil
DNV - Det Norske Veritas
FAST - Fatigue, Aerodynamics, Structures and Turbulence
FCTUC - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
GOM – Golfo do México
IEC - International Electrotechnical Commission
IMO - Intergovernmental Maritime Organization
ISO - International Organization for Standardization
NORSOK – Norwegian petroleum industry
OC3 - Offshore Code Comparison Collaboration
OGP - International Association of Oil & Gas Producers
ROV – Veículo de operação remota
UC - Universidade de Coimbra www.UC.pt

B - Bibliografia

CMM, Manual de Formação de Estruturas Offshore, UC, 2014, Coimbra

Engineers, U. S. (2006-2008). Coastal Engineering Manual Part II Chap1 - Water Wave Mechanics. Research Center. Department of the Army, EUA: Waterways Experiment Station, Corps of Engineers.

Jorge Manuel Camelo Cordeiro, Projeto de Estrutura Offshore em Angola, UC, 2014, Coimbra

Mohamed A. El-Reedy, Offshore Structures - Design, Construction and Maintenance, 2012, Elsevier, ISBN 978-0-12-385475-9,

Natanael Filipe Tesouro, Aspectos Estruturais no Comportamento de Estruturas Offshore, Universidade Nova de Lisboa, 2010, Lisboa

Nuno Daniel Mota Pinheiro, Dimensionamento de uma estrutura tipo Jacket, UC, 2014, Coimbra

OGP, Report nº. 486, Reliability of offshore structures - Current design and potential inconsistencies, March 2014, London

Renato Miguel da Costa David Alves, Acções Dinâmicas em Estruturas Offshore: Torres Eólicas em Plataformas Flutuantes, Universidade Nova de Lisboa, 2011, Lisboa

Saigal, Rakesh K., Dan Dolan, Armen Der Kiureghian, Tim Camp e Charles E. Smith: Comparison of Design Guidelines for Offshore Wind Energy Systems. In Offshore Technology Conference, 2007.