



**Nuno Miguel
Pedro do Souto**

**Relatório
da Atividade
Profissional**

Dez Anos de Experiência

Dissertação de Projeto submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia
Eletrónica e de Computadores na Área de
Especialização de Energias Renováveis e Sistemas
de Potência**

Júri

Professor Doutor José Querido Maia da ESTSetúbal/IPS
Professora Doutora Natália Santos da ESTSetúbal/IPS
Professor Doutor José Luís Sousa da ESTSetúbal/IPS

29 de novembro de 2013

*O único lugar onde o sucesso vem
antes do trabalho é no dicionário.*

(Albert Einstein)

Agradecimentos

Durante o longo percurso, desde a decisão de me candidatar ao curso para obter o grau de Mestre, até ao momento de entrega deste relatório, possuí dois pilares importantes que me suportaram nos bons e não tão bons momentos. À *Elsa* e à *Sasha*, agradeço o apoio diário, o carinho e “uambe uambes” dados, e por terem acreditado em mim durante todo este processo.

À minha família, quero agradecer o apoio que me deram, em atos e palavras, e pelo fato de terem acreditado em mim nesta etapa que termino.

Quero também exprimir a minha gratidão a todos os intervenientes que ao longo da minha carreira profissional me ajudaram a crescer tecnicamente, de tal forma, que me possibilitou a redação deste relatório profissional, por forma a aceder ao grau de Mestre do curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores na área de especialização de Energias Renováveis e Sistemas de Potência, e assim realizar mais uma etapa da minha formação académica.

Ao Concelho Técnico-Ciêntifico, da Escola Superior de Tecnologia de Setúbal do Instituto Politécnico de Setúbal, agradeço o fato de ter aprovado a 20 de julho de 2011 o Regulamento de Mestrados para Licenciados “pré-Bolonha”, que possibilitou habilitar-me ao grau de Mestre pela ESTSetúbal através da apresentação da atividade profissional obtida até ao momento de entrega deste relatório.

Agradeço ao Professor Doutor José Maia, que desde 2009 me acompanhou no percurso da tese de Mestrado que inicialmente se intitulava “Rede de Distribuição de Energia a Instalações *Offshore* com Produção *Onshore*”, que, infelizmente, não foi possível desenvolver por falta de apoios de entidades da Noruega.

À Professora Natália dos Santos, agradeço a orientação e apoio cedido, e o contributo extra que ofereceu na altura de verificação das primeiras revisões do relatório enviado.

Ao Capitão-tenente João Paulo Simões Madeira, agradeço a sua amizade, e o meu desenvolvimento inicial como Engenheiro Eletrotécnico ao serviço da Marinha de Guerra Portuguesa.

Por fim, agradeço a todos os que me apoiaram e possibilitaram na mudança de Portugal para a Noruega, em busca de um melhor futuro pessoal e profissional.

Resumo

O presente relatório descreve a atividade profissional exercida, após a conclusão da licenciatura bietápica em Engenharia Eletrotécnica, na Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Setúbal em dezembro de 2006. Adicionalmente, é incluída a atividade profissional desenvolvida desde outubro de 2003, data em que foi iniciada a atividade profissional relevante, e concluído o grau de bacharel do mesmo curso. A profissão de Engenheiro Eletrotécnico foi exercida no setor militar como Oficial da Marinha de Guerra Portuguesa, e, posteriormente, no setor petrolífero na Noruega. Além de identificar e apresentar a atividade profissional exercida, o presente relatório tem também como objetivo demonstrar as capacidades desenvolvidas e consolidadas, tanto no âmbito de conhecimentos técnicos, como outras qualidades profissionais de comunicação, tomada de decisões e liderança de equipas. Serão também discutidos os desafios encontrados em cada etapa e apresentadas as soluções adotadas, bem como argumentação que suporta a decisão final face a potenciais alternativas.

Abstract

This report describes the professional activity performed after completion of a two-stage degree in Electrical Engineering in December 2006, in the Technology School of Setúbal's Polytechnic Institute. Additionally, it includes the professional activity developed since October 2003, date in which relevant professional activities were initiated, and when the bachelor's degree, in the same course, was completed. The career as Electrical Engineer was initiated in the military as an Officer of the Portuguese Navy; later on, it continued in the oil and gas industry in Norway. This report identifies and presents the relevant professional activities over the years, and it aims to demonstrate the developed and consolidated capabilities in technical knowledge, professional communication skills, decision making and team leadership skills. It also discusses the challenges encountered in each stage and presents the adopted solutions, together with arguments that support the final decisions with regards to potential alternatives.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract	v
Índice	vi
Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	xii
Lista de Siglas e Acrónimos	xiii
Lista de Símbolos	xv
Introdução	1
Objetivos	1
Estrutura Geral do Relatório	3
Capítulo 1 – Marinha	4
1.1. Introdução	4
1.2. Navio Escola NRP Sagres	5
1.3. Fragatas Classe Vasco da Gama	6
1.3.1. Projetos Concluídos com Grau de Bacharel	6
1.3.2. Projeto Concluído com Grau de Licenciado	8
1.4. Corvetas Classe Baptista de Andrade	9
1.5. Patrulhas Classe Cacine	10
1.6. Reabastecedor NRP Bérrio	11
1.7. Hidro-Oceanográficos Classe D. Carlos	12
1.7.1. Instalação de Guincho Corer:	12
1.7.2. Instalação de Conversores de Frequência 60/50Hz:	13
1.7.3. Instalação da Rede de Distribuição de 50Hz:	13
1.8. Lanchas de Fiscalização Classe Bolina	14
1.9. Navio Escola NRP Vega	15
1.10. Todas as Classes de Navios	16
1.11. Instalação Elétrica Marítima vs Terrestre	17

1.12.	Competências Adquiridas.....	19
1.13.	Conclusões.....	20
Capítulo 2 – Setor Petrolífero		21
2.1.	Introdução	21
2.2.	Apresentação do Setor Petrolífero	22
2.3.	Grenland Group	26
2.3.1.	HHI Drillship Project	26
2.3.2.	Competências Adquiridas.....	30
2.3.3.	Conclusões.....	31
2.4.	Aker Solutions	32
2.4.1.	Tampen V&M	33
2.4.2.	Gudrun Tie-in to Sleipner A.....	41
2.4.3.	Competências Adquiridas.....	49
2.4.4.	Conclusões.....	51
2.5.	Talisman Energy	53
2.5.1.	YME Re-Development.....	54
2.5.2.	Competências Adquiridas.....	59
2.5.3.	Conclusões.....	60
2.6.	Aibel	61
2.6.1.	Norway Capital Project.....	62
2.6.2.	Competências Adquiridas.....	69
2.6.3.	Conclusões.....	70
Capítulo 3 – Desafios Atuais		71
3.1.	Introdução	71
3.2.	Semissubmersível West Alpha.....	72
3.3.	Sistema Elétrico da West Alpha	73
3.4.	Projeto “Winterisation” – Área Eletrotécnica.....	77
3.4.1.	Gerador Temporário e Rede de Distribuição.....	78
3.4.2.	Compensador de Potência Reativa	96
3.4.3.	Aquecimento das Vias Essenciais e de Evacuação	99
3.4.4.	Instalação de Abrigos nos Guinchos das Âncoras	103
3.4.5.	Instalação de Aquecimento por Vapor.....	104
3.4.6.	Cálculo de Curto-circuito e Seletividade.....	107

3.4.7. Outras Alterações.....	107
3.5. Competências Adquiridas	108
3.6. Conclusões	109
Capítulo 4 – Considerações Finais.....	110
Bibliografia.....	113
Anexo A: Ordem da Direção do Serviço de Pessoal da Marinha de Guerra Portuguesa – Movimentos do Pessoal (OP1 81/28-10-2003)	A.1
Anexo B: Contrato de trabalho da Technogarden referente ao projeto “HHI Drillship” da Grenland Group.....	A.4
Anexo C: Contrato de trabalho da Aker Solutions referente aos projetos Tampen V&M e Gudrun Tie-in to Sleipner A	A.8
Anexo D: Referência do Líder de Disciplina do Projeto “Tampen”	A.11
Anexo E: Referência do Líder de Disciplina do Projeto “Gudrun Tie-in to Sleipner”	A.13
Anexo F: Referência do Líder de Disciplina da Aker Solutions	A.15
Anexo G: Contrato de trabalho da MDE referente ao projeto YME Re-development na Talisman Energy	A.17
Anexo H: Contrato de trabalho da MDE referente ao projeto “Norway Capital Project” na Aibel	A.19
Anexo I: Contrato de trabalho da ECN referente ao projeto “Winterisation” na North Atlantic Drilling	A.21
Anexo J: Referência do Gestor do Projeto “Winterisation” na North Atlantic Drilling	A.23

Lista de Figuras

Figura 1:	Cronograma da carreira profissional, divisão em setores.....	1
Figura 1.1:	Cronograma da atividade profissional na MGP.....	4
Figura 1.2:	Navio Escola NRP Sagres (extraído de [2]).	5
Figura 1.3:	Fragata Classe Vasco da Gama (extraído de [4]).	6
Figura 1.4:	Corvetas Classe Baptista de Andrade (extraído de [6]).....	9
Figura 1.5:	Patrulhas Classe Cacine (extraído de [8]).	10
Figura 1.6:	NRP Bérrio (extraído de [10]).	11
Figura 1.7:	Hidro-Oceanográfico Classe D. Carlos (extraído de [12]).	12
Figura 1.8:	Lanchas de Fiscalização Classe Bolina (extraído de [14]).	14
Figura 1.9:	Navio Escola NRP Vega (extraído de [15]).	15
Figura 2.1:	Cronograma da atividade profissional na Noruega (janeiro 2008 a março 2013).	21
Figura 2.2:	Segmentos do setor petrolífero.	22
Figura 2.3:	Tipos de plataformas (extraída de [19]).	24
Figura 2.4:	Navio de Perfuração <i>Deepwater Champion</i> (extraído de [22]).	26
Figura 2.5:	Rede elétrica do sistema de perfuração do navio <i>Deepwater Champion</i>	28
Figura 2.6:	Localização da área Tampen (extraído de [33]).	33
Figura 2.7:	Instalações existentes na área Tampen (extraído de [34]).	33
Figura 2.8:	Salva-vidas <i>free-fall</i> da Statfjord A (extraído de [35])	35
Figura 2.9:	Sistema de libertação rápida à rede elétrica da plataforma.....	35
Figura 2.10:	Localização da Sleipner A e da Gudrun (extraídas de [38] e [39])	41
Figura 2.11:	Plataforma Sleipner A (extraída de [40])	41
Figura 2.12:	Planta parcial do compartimento, solução inicial.	43

Figura 2.13: Esquema unifilar, solução inicial.	43
Figura 2.14: Planta parcial do compartimento, solução final.	44
Figura 2.15: Esquema unifilar, solução final.	44
Figura 2.16: Instalação com barramento exterior (extraído de [41]).	45
Figura 2.17: Configuração de um <i>splice</i> de um cabo de AT (extraído de [42]).	47
Figura 2.18: <i>Hang-off</i> da Gjøa (plataforma no Mar do Norte).	47
Figura 2.19: Esquema unifilar do sistema de fornecimento de energia elétrica à Gudrun, instalado na Sleipner A.	48
Figura 2.20: Interface entre empresas no projeto “Gudrun Tie-in to Sleipner A”	49
Figura 2.21: Localização global da Talisman Energy (extraído de [44])	53
Figura 2.22: Plataforma autoelevatória “YME” (extraído de [45]).	54
Figura 2.23: Sistema <i>Heat Tracing</i> (extraído de [47]).	55
Figura 2.24: Plataforma Gudrun (extraído de [54]).	61
Figura 2.25: Complexos Petrolíferos Ekofisk, Eldfisk, Embla e Tor (extraído de [57] e de [58]).	62
Figura 2.26: Equipamentos de um MCT (extraído de [63]).	65
Figura 2.27: MCT GHM 6x3.	65
Figura 2.28: Equivalências entre atividades desenvolvidas.	70
Figura 3.1: Cronograma da carreira profissional na Noruega (Abril a Novembro 2013).	71
Figura 3.2: Presença internacional da Seadrill Ltd. (extraído de [66]).	71
Figura 3.3: Plataforma Semissubmersível West Alpha (extraído de [69]).	72
Figura 3.4: Rede de Produção e Distribuição de Energia da West Alpha.	74
Figura 3.5: Localização do mar de Kara (extraído de [73]).	75
Figura 3.6: Média da potência ativa e reativa na rede.	92

Figura 3.7: Média do fator de potência na rede.....	92
Figura 3.8: Comportamento das Potências da West Alpha, período de 9 a 13 de maio 2013.....	93
Figura 3.9: Triângulo de Potências.....	97
Figura 3.10: Rede de Produção e Distribuição de Energia após instalação de dois compensadores de potência reativa de 1200kVar.....	98
Figura 3.11: Vias Essenciais e de Evacuação no <i>Main Deck</i>	100
Figura 3.12: Vias Essenciais e de Evacuação no <i>Tween Deck</i>	100
Figura 3.13: Vias Essenciais e de Evacuação no <i>Upper Deck</i>	101
Figura 3.14: Vias Essenciais e de Evacuação no <i>Wheelhouse Level</i> e <i>Helideck</i>	101
Figura 3.15: Rede de Produção e Distribuição de Energia após instalação de dois transformadores 440/220V AC 300kVA.....	102
Figura 3.16: Modelo 2D e 3D do abrigo dos guinchos das âncoras e respetiva cabine de controlo.....	103
Figura 4.1: Encadeamento da carreira profissional do mestrando.	110

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Caraterísticas elétricas dos contentores e elevador	37
Tabela 2.2: Critérios Chave de Seleção Final do Transformador.....	46
Tabela 2.3: Tipos de Processo (extraído de [46]).....	56
Tabela 3.1: Consumidores principais da West Alpha.	73
Tabela 3.2: Lista de Consumidores do Quadro de EMCC Estibordo (desenvolvido pelo mestrando e enviado para a empresa contratada).	80
Tabela 3.3: Lista de Consumidores do Quadro de EMCC Estibordo (recebido do responsável técnico da West Alpha).	81
Tabela 3.4: Lista de Consumidores do Quadro de EMCC Estibordo (finalizado pelo mestrando e publicado no sistema de documentação).....	82
Tabela 3.5: Medições no primário dos Transformadores 440/220V AC.	83
Tabela 3.6: Cálculo dos valores nominais de corrente e potência ativa.....	84
Tabela 3.7: Cálculo da percentagem de consumo relativo ao máximo de corrente.	85
Tabela 3.8: Estimativa dos consumidores do projeto “Winterisation”.	87
Tabela 3.9: Resumo preliminar do Balanço de Cargas da West Alpha.....	89
Tabela 3.10:Média diária das medidas de potência.	91
Tabela 3.11:Parte da Lista de consumidores do “MCC FP”.	105
Tabela 3.12:Parte da Lista de consumidores do “MCC FS”.	106

Lista de Siglas e Acrónimos

A	<i>Ampere</i>
AC	Corrente Alternada
AT	Alta Tensão
ATEX	<i>ATmosphères EXplosibles</i>
BOP	<i>Blowout Preventor</i>
BT	Baixa Tensão
CAD	Computer Aided Design
CCM	Centro de Controlo de Motores
CCR	<i>Center Control Room</i>
CDC	Comutador de Carga
DC	Corrente Contínua
DE	Departamento de Estudos
DM	Departamento de Manutenção
DME	Divisão de Mecânica e Eletrotecnia
DME5	Secção de Produção e Distribuição de Energia e Auxiliares Elétricos
DN	<i>Direção de Navios</i>
DNV	<i>Det Norsk Veritas</i>
EE	Engenharia Eletrotécnica
EMCC	<i>Emergency Motor Control Center</i>
EPCI	<i>Engineering, Procurement, Construction and Installation</i>
EST	Escola Superior de Tecnologias

Hz	<i>Hertz</i>
IEC	Comissão Eletrotécnica Internacional
IK	Índice de Proteção Mecânica
IP	Índice de Proteção
IPS	Instituto Politécnico de Setúbal
LED	Díodo Emissor de Luz
MCC	<i>Motor Control Center</i>
MCT	<i>Multi-cable Transit</i>
MGP	Marinha de Guerra Portuguesa
MIL	<i>Standard</i> Militar dos Estados Unidos da América
MT	Média Tensão
NAD	<i>North Atlantic Drilling</i>
NATO	Organização do Tratado do Atlântico Norte
NRP	Navio da República Portuguesa
TI	Transformador de Corrente
UAM	Unidade Auxiliar Marítima
UN	Unidade Naval
V	<i>Volt</i>
VFD	<i>Variable Frequency Drive</i>

Lista de Símbolos

$\cos \theta$	Fator de potência
I_n	Corrente nominal na linha [A]
S_n	Potência aparente nominal [kVA]
U_n	Tensão nominal [V]
P_E	Potência ativa consumida [kW]
P_F	Potência ativa consumida após retificação do fator de potência [kW]
P_n	Potência ativa nominal [kW]
Q_C	Potência reativa a ser compensada [kVar]
Q_E	Potência reativa consumida [kVar]
Q_F	Potência reativa consumida após retificação do fator de potência [kVar]
Q	Potência reativa [kVar]
S	Potência aparente gerada [kVA]
θ_E	Ângulo de defasagem para o fator de potência existente
θ_F	Ângulo de defasagem após retificação do fator de potência

Introdução

Objetivos

O presente trabalho tem como principal objetivo descrever a atividade profissional desenvolvida como licenciado em Engenharia Eletrotécnica (EE) pela Escola Superior de Tecnologia (EST) do Instituto Politécnico de Setúbal (IPS), no período que decorre entre dezembro de 2006 à presente data. Por forma a atingir o objetivo principal, será incluído o descrito nos pontos seguintes:

- Apresentar a evolução da carreira profissional em que se destaca o fato de esta ter sido iniciada durante os estudos académicos para auferir o grau de licenciado;
- Demonstrar a aplicação direta dos conhecimentos académicos na carreira profissional, e como esta última contribuiu para o aprofundamento dos conhecimentos técnicos, por forma a aceder ao grau de Mestre em ciências;
- Apresentar exemplos concretos teóricos e práticos que corroboram o ponto acima e discutir eventuais alternativas às soluções escolhidas;
- Evidenciar competências interpessoais desenvolvidas, e como estas contribuíram para o crescimento pessoal e profissional do mestrando.

Considerou-se de interesse incluir a atividade realizada como engenheiro eletrotécnico com o grau de bacharel em EE pela EST do IPS (de outubro de 2003 a dezembro de 2006), uma vez que a experiência profissional adquirida durante esse período foi de grande importância na carreira futura.

De acordo com o cronograma da carreira profissional apresentado na Figura 1, é possível verificar que a atividade profissional se desenvolveu em dois setores distintos da engenharia: a militar naval e o petrolífero. Durante um período de quatro anos o mestrando desenvolveu a carreira profissional no Departamento de Estudos (DE) da Direção de Navios (DN) na Marinha de Guerra Portuguesa (MGP), e desde janeiro de 2008 em diversas empresas do setor petrolífero, na Noruega.

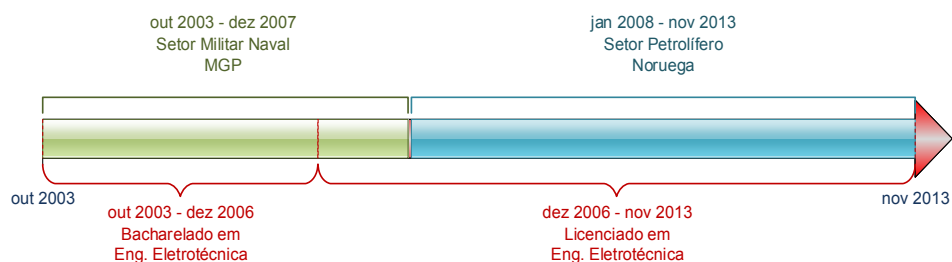


Figura 1: Cronograma da carreira profissional, divisão em setores.

Na MGP a atividade teve especial incidência na realização de estudos e desenvolvimento de soluções que permitissem aumentar a eficiência e operacionalidade dos Navios da República Portuguesa (NRP), segregados como Unidades Navais (UN's) e Unidades Auxiliares Marítimas (UAM's).

A experiência profissional adquirida na MGP, tanto como bacharel quanto como licenciado em EE, estimulou a mudança para o setor petrolífero na Noruega e, desde então, têm sido exercidas atividades em diferentes projetos, dos quais se destacam os seguintes: "HHI Drillship Project", "Tampen V&M", "Gudrun Tie-in to Sleipner A", "YME Re-Development", "Norway Capital Project" e "Winterisation". Estes serão devidamente aprofundados nos capítulos seguintes.

Estrutura Geral do Relatório

Esta dissertação está organizada em quatro capítulos, que por sua vez se encontram subdivididos em subcapítulos. Procurou-se com esta organização apresentar uma sequência lógica das atividades desenvolvidas durante a carreira profissional do mestrando desde outubro de 2003.

Capítulo 1: Para compreender e situar o âmbito deste trabalho, é apresentada uma síntese dos trabalhos realizados na MGP, evidenciando os desafios enfrentados na fase inicial da carreira profissional.

Capítulo 2: Apresenta-se uma descrição das atividades desenvolvidas no setor petrolífero, com especial incidência nos projetos mais relevantes e respetivas competências adquiridas. Relativamente a estes projetos são incluídos os esquemas elétricos realizados no âmbito da presente dissertação, dado que não foi possível obter autorização para apresentar documentação original.

Capítulo 3: Refere especificamente o projeto “Winterisation”, que se encontra em execução à data de entrega do relatório profissional. A realização deste projeto inclui alterações a ser efetuadas em uma plataforma de perfuração. Neste capítulo é descrito o objetivo do projeto e são apresentados estudos relativos à decisão da instalação, ou não, de um gerador temporário; potencial alteração do sistema de iluminação; atualização do sistema de aquecimentos por vapor; entre outros. São igualmente evidenciadas competências adquiridas com a execução destes estudos.

Capítulo 4: Neste último capítulo, são apresentadas as considerações finais do relatório, que incluem o resumo da carreira profissional, evidenciando os projetos que mais contribuíram para a evolução dos conhecimentos eletrotécnicos, de gestão de projeto, de relação interpessoal e de interligação entre empresas e gestão de equipas internacionais.

Em cada capítulo, à exceção do Capítulo 4, são incluídas conclusões das atividades desenvolvidas em cada organização ou empresa em que o mestrando foi contratado.

Fazem ainda parte desta dissertação os anexos enunciados na lista de anexos

Capítulo 1 – Marinha

1.1. Introdução

A atividade profissional do mestrando iniciou-se em outubro de 2003 no setor militar naval ao serviço da MGP (Anexo A) com o grau de bacharel em EE, tendo prosseguido no setor durante os quatro anos seguintes, até dezembro de 2007. No período de dezembro de 2006 a dezembro de 2007, as funções foram já desempenhadas com o grau de licenciado em EE. No cronograma seguinte (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**) pode ser observada a atividade profissional durante o período mencionado.

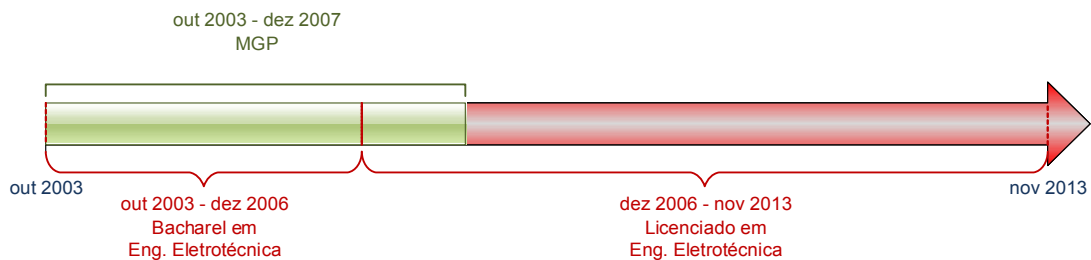


Figura 1.1: Cronograma da atividade profissional na MGP.

Na MGP, foi prestado serviço na Divisão de Mecânica e Eletrotecnia (DME) no DE da DN como Técnico Naval na Secção de Produção e Distribuição de Energia e Auxiliares Elétricos (DME5). Este cargo teve como principal função a colaboração com o oficial superior, no estudo e implementação de projetos multidisciplinares que visavam aumentar a eficiência e operacionalidade das UN's e UAM's da MGP. Ao longo do tempo de serviço na DME5, a chefia foi transferindo progressivamente responsabilidades na execução e decisão dos projetos realizados, o que contribuiu decisivamente para a evolução do mestrando como engenheiro eletrotécnico nesta fase. Esta primeira experiência profissional permitiu transferir e consolidar todo o conhecimento teórico e prático adquirido durante o período académico.

Nos próximos subcapítulos serão apresentadas as UN's e UAM's da MGP nas quais foram realizados projetos multidisciplinares, bem como uma breve discussão dos mesmos.

1.2. Navio Escola NRP Sagres

O navio escola NRP Sagres foi construído em 1937 na Alemanha, tendo sido capturado pelos Estados Unidos da América em 1945 e cedido ao Brasil em 1948. Em 1962, Portugal adquiriu-o ao Brasil para substituir o então navio escola NRP Sagres [1].



Figura 1.2: Navio Escola NRP Sagres (extraído de [2]).

O projeto que marcou o início da carreira do mestrando como engenheiro eletrotécnico foi realizado para o NRP Sagres, com a “Alteração das Camaratas das Praças”. Este consistiu em demolir um camarote privado existente na camarata das praças e instalar no seu espaço camas extra de modo a aumentar a lotação do navio.

A intervenção ao nível da instalação elétrica consistiu em eliminar os circuitos de iluminação e tomadas do camarote privado, e proceder à instalação de circuitos de iluminação e tomadas nas novas camas, bem como alterar a disposição da iluminação geral da área alterada.

Durante a execução deste projeto foram aplicados conhecimentos teóricos e práticos obtidos durante a formação académica para o grau de bacharel, mas também foram desenvolvidas metodologias de trabalho necessárias em projetos multidisciplinares, bem como a interação com colegas e superiores.

1.3. Fragatas Classe Vasco da Gama

A Classe Vasco da Gama é constituída por três fragatas, NRP Vasco da Gama, NRP Álvares Cabral e a fragata NRP Corte Real. Estes navios foram construídos na Alemanha no início dos anos 90 e entraram ao serviço da Marinha de Guerra Portuguesa em 1991 (NRP Vasco da Gama e NRP Álvares Cabral) e 1992 (NRP Corte Real) [3].



Figura 1.3: Fragata Classe Vasco da Gama (extraído de [4]).

Esta classe de navios desempenha missões a nível nacional, bem como obrigações internacionais com a força NATO. Para que se mantivessem atualizadas de modo a desempenhar com sucesso as suas funções e missões, foi necessário proceder a alterações de alguns dos seus equipamentos, quer de carácter militar (sistemas de defesa, de comunicação, etc.), quer não militar (camarotes, copas, etc.).

Os projetos desenvolvidos para estes navios foram efetuados ao longo de todo o período ao serviço da MGP, pelo que alguns foram desempenhados ainda como grau de bacharel, enquanto outros, já com o grau de licenciado. Nos próximos subcapítulos são discutidos individualmente alguns destes projetos.

1.3.1. *Projetos Concluídos com Grau de Bacharel*

1.3.1.1. Ampliação dos Sistemas de Informação e Comunicação Automatizados:

Este projeto consistiu em dotar os compartimentos de todos os navios da classe com tensão e frequência de 230V 60Hz, respetivamente, para alimentar os equipamentos informáticos de três redes distintas entre si (Redes Secreta, Administrativa e Não Classificada).

Devido à confidencialidade de cada rede e à prioridade em termos da sua operacionalidade, foi necessário ter em atenção o tipo de alimentação elétrica a que cada rede estaria conectada: alimentação normal ou de emergência. Compartimentos que seriam equipados com rede não classificada ou administrativa deveriam de ser providos apenas de alimentação normal e compartimentos com rede secreta seriam equipados apenas com alimentação de emergência.

Como responsável pela parte elétrica do projeto, o mestrando teve de analisar opções, tomar decisões e desenvolver as seguintes ações:

- Identificação do número de consumidores pertencentes a cada rede informática, nos diferentes compartimentos;
- Seleção de circuitos elétricos a serem utilizados em função da sua disponibilidade;
- Confirmação que os disjuntores instalados nos circuitos selecionados poderiam ser utilizados na proteção dos novos equipamentos a serem conectados a esses circuitos;
- Escolha do material elétrico e outro a instalar (cabos elétricos, tomadas, caminhos de cabos, calhas técnicas, etc.);
- Cálculos da corrente de curto-circuito e queda de tensão de cada circuito utilizado.

Após a conclusão dos trabalhos, toda a instalação foi verificada e testada com sucesso.

1.3.1.2. Sistema de Comutação de Energia sem Corte:

Uma desvantagem operacional dos navios desta classe consistia na necessidade de corte de energia elétrica por um curto período de tempo, sempre que se procedia à ligação ou corte da energia de terra quando os navios atracavam ou desatracavam nos portos.

O projeto desenvolvido pela DME5 em cooperação com a Siemens teve como objetivo fazer alterações nos quadros elétricos principais, de forma a dotar os navios da classe com um sistema automático de transferência de energia de terra para energia de bordo e vice-versa, sem necessidade de corte da energia elétrica.

Neste projeto, o mestrando prestou colaboração ao oficial superior na verificação e interpretação dos esquemas elétricos fornecidos pela Siemens.

1.3.2. *Projeto Concluído com Grau de Licenciado*

1.3.2.1. Iluminação do Quadro da Ponte:

Os navios de guerra devem permanecer “invisíveis” quando estão em missões no mar durante a noite, sendo necessário, para tal, que estes sejam dotados de um tipo de iluminação especial para estes períodos.

A instalação de um quadro iluminado na ponte dos navios da classe foi identificado como um melhoramento apropriado para as suas necessidades operacionais nos períodos acima descritos. Foi então desenvolvido um quadro com iluminação interna regulável com sistema de LED.

O mestrando identificou as necessidades operacionais de todos os navios da classe, por forma a projetar um quadro da ponte uniformizado, visto que cada Comandante de cada navio, durante as operações, utilizava o quadro não iluminado existente de forma distinta.

Foi desenvolvido um protótipo pelo Arsenal¹, face aos requisitos identificados. Este protótipo foi verificado pelo mestrando e pelo oficial superior da DME5. Ambos consideraram que o protótipo possuía os requisitos necessários para a sua função.

Foram identificados pelo mestrando, os circuitos elétricos a serem utilizados para alimentar o equipamento em cada navio e efetuados os cálculos necessários para sua proteção.

¹ Arsenal é o estaleiro naval que executa a manutenção, modificação, conceção e construção de UN's e UAM's da MGP.

1.4. Corvetas Classe Baptista de Andrade

A Classe Baptista de Andrade tratou-se de um projeto português construído em Espanha. Esta classe foi constituída por uma série de quatro navios que entraram ao efetivo da Marinha de Guerra Portuguesa em 1974 e 1975. No efetivo ainda se encontram dois navios da classe, o NRP João Roby e o NRP Afonso Cerqueira. O NRP Baptista de Andrade entrou em situação de reserva em 2007 e o NRP Oliveira e Carmo foi abatido ao serviço em 1999.

Os navios foram concebidos para desempenho de missões de escolta oceânica, tendo nos últimos anos sido remodelados de forma a adequá-los para missões de vigilância e salvaguarda da vida humana no mar [5].



Figura 1.4: Corvetas Classe Baptista de Andrade (extraído de [6]).

Pelo fato de os navios da classe terem alguns anos, e sua remodelação ter sido efetuada antes do mestrando entrar ao serviço da MGP, foi somente desenvolvido um projeto de instalação de carregadores de baterias 24V de corrente contínua (DC), e respetivas tomadas exteriores por forma a carregar as baterias das embarcações semirrígidas que estão permanentemente a bordo.

Em detalhe, o referido projeto consistiu na instalação de dois quadros elétricos equipados com carregadores de baterias, respetivos cabos de alimentação a 230V 60Hz, e a instalação de cabos de alimentação entre os quadros elétricos e as tomadas de 24V DC, e também a própria instalação das tomadas a 24V DC.

Em 1997, haviam já sido adquiridos quadros elétricos equipados com carregadores de baterias, e a nova conceção do sistema teria que ter em consideração estes equipamentos. O mestrando enquanto responsável pela conceção, a maior dificuldade encontrada foi a opção por uma localização adequada dos quadros elétricos, dadas as suas grandes dimensões. Nestas condições, a sua localização condicionou o dimensionamento da secção dos cabos elétricos de alimentação às tomadas, pois maiores distâncias corresponderam a maiores quedas de tensão e consequente aumento da secção dos condutores.

Após definição da localização dos quadros elétricos, foi identificada a rota dos cabos elétricos desde os quadros até às tomadas de 24V DC. O Arsenal foi encarregado de efetuar a instalação dos equipamentos e foram efetuados testes à instalação, na qual o mestrando representou a DME5 para aprovação da instalação. Os testes correram de acordo com o previsto e a instalação foi aprovada.

1.5. Patrulhas Classe Cachine

A Classe Cachine foi constituída por dez navios patrulha, sendo que, só quatro faziam parte do efetivo da MGP. Os navios patrulha em efetivo eram o NRP Cachine, o NRP Save, o NRP Zaire e o NRP Cuanza [7].



Figura 1.5: Patrulhas Classe Cachine (extraído de [8]).

Os navios desta classe cumpriram missão nas antigas colónias portuguesas em África durante os seus primeiros anos de atividade (1970 a 1975). Desde 1975, as missões exercidas por esta classe de navios consistem em fiscalização de pesca, busca e salvamento, repressão de contrabando, fiscalização dos esquemas de separação de tráfego marítimo, controlo da poluição no mar e por fim apoio às populações e organismos.

Um desafio enfrentado pelos comandantes dos navios da classe, relacionava-se com o fato de a tripulação instalar, sem autorização, transformadores de 115/230V de corrente alternada (AC) para alimentar os equipamentos elétricos pessoais, aumentando o risco de incêndio e de curto-circuitos na instalação elétrica por serem instalados em locais não preparados para instalação de transformadores. Este comportamento tinha origem no fato de os navios, até à data, apenas serem equipados com rede monofásica de 115V, 60Hz.

Sob responsabilidade do mestrando foi projetada uma rede elétrica de 230V, 60Hz para cada navio da classe, constituída por dois transformadores em paralelo de 440/230V, 60HZ e um quadro elétrico de distribuição de 230V, 60Hz, com capacidade para alimentar dez circuitos de tomadas. Estes circuitos de tomadas destinavam-se a alimentar compartimentos dos navios de consumidores definidos pela guarnição e comandantes.

No final da instalação efetuada pelo Arsenal, o mestrando participou nos testes realizados à nova rede elétrica de 230V, 60Hz dos navios, a qual foi aceite pelo mesmo.

1.6. Reabastecedor NRP Bérrio

O navio NRP Bérrio foi construído em 1969 e adquirido pela MGP ao Reino Unido em 1993 [9]. Este navio tem como missão dar apoio logístico a navios de outras classes, quando as missões desses navios têm uma duração superior às suas capacidades logísticas.



Figura 1.6: NRP Bérrio (extraído de [10]).

Como contribuição para manter o navio apto para as suas missões, o mestrando deu apoio a projetos já em execução. No passado, a totalidade dos geradores elétricos do navio haviam sido substituídos, e a conclusão do projeto ocorreu no início de 2003. Durante várias missões efetuadas pelo navio, foram detetadas anomalias no consumo de óleo em três dos geradores, tendo estes sido inspecionados e reparados pelo fornecedor. No final da intervenção foram realizadas provas aos geradores, nas quais foi requerida a presença da DME para comprovar se os resultados obtidos estavam de acordo com as características de funcionamento dos geradores. As responsabilidades do mestrando, enquanto representante da DME5, consistiram em verificar se as características elétricas dos equipamentos estavam em conformidade com o definido na especificação técnica que serviu de base à adjudicação.

Aquando da alteração dos geradores, o quadro elétrico principal também foi substituído, e algumas proteções não foram programadas corretamente pelo fornecedor dando origem a cortes de energia a alguns equipamentos durante as missões do navio. Após estudo efetuado pelo oficial superior da DME5, em cooperação com o Departamento de Manutenção (DM) da DN, o fornecedor do equipamento foi contactado para verificar e alterar as configurações das proteções de acordo com o estudo efetuado. Após as alterações terem sido efetuadas, foram realizados novos testes para verificar o funcionamento das proteções. O mestrando presenciou e registou os resultados, como representante da DME5.

1.7. Hidro-Oceanográficos Classe D. Carlos

A classe D. Carlos é constituída por dois navios, o NRP D. Carlos I e o NRP Almirante Gago Coutinho, doados pela Marinha dos Estados Unidos da América em 1997 e 1999, respetivamente.

Enquanto parte da Marinha dos Estados Unidos da América, estes navios tiveram como missão de longa duração, a vigilância e deteção de submarinos soviéticos durante a “guerra-fria” [11].



Figura 1.7: Hidro-Oceanográfico Classe D. Carlos (extraído de [12]).

Foi projetada uma alteração aos navios da classe, por forma a serem reconvertidos de navios de vigilância e deteção submarina, com uma guarnição mínima de 21 e 19 elementos, respetivamente de cada navio, para navios hidro-oceanográficos com guarnição militar de 34 elementos e equipa técnica de 15 elementos. Este projeto foi iniciado antes de outubro de 2003, data de início da carreira como engenheiro eletrotécnico.

Não é conhecida a data de início dos trabalhos de reconversão do NRP D. Carlos I, mas a verificação e testes aos sistemas elétricos de novos equipamentos instalados no navio, foram iniciados durante o período em que o mestrando prestou serviço na MGP, com o grau de bacharel. Nos pontos seguintes são identificados os novos equipamentos instalados aos quais foram prestadas provas de mar e de estaleiro. Estas provas foram presenciadas e registadas pelo mestrando de acordo com as indicações do oficial superior da DME5.

1.7.1. Instalação de Guincho Corer:

Este sistema era constituído por motores elétricos 440V 60Hz, um quadro de controlo, o guincho e tambores para arrumar o cabo de aço e respetivo motor.

O guincho corer foi adquirido a um fornecedor que teve total responsabilidade pelo desenvolvimento do sistema, a DME5 teve a responsabilidade de desenvolver o sistema de alimentação elétrica de acordo com as características dos equipamentos identificadas pelo fornecedor.

Como responsável da DME5 presente nas provas de aceitação dos equipamentos do sistema, o mestrando identificou as características dos equipamentos definidas na especificação técnica que serviu de base à adjudicação. Estas características foram verificadas durante as provas efetuadas em estaleiro, numa primeira fase, e em alto mar, numa segunda e última fase de provas a este sistema.

1.7.2. Instalação de Conversores de Frequência 60/50Hz:

A instalação elétrica dos navios da classe respeitava os parâmetros elétricos americanos (60Hz), mas devido às futuras missões e futuros equipamentos científicos a serem utilizados a bordo pelas equipas técnicas, foi necessário instalar uma rede elétrica de 50Hz.

A rede original foi projetada de acordo com as normas da Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC) e *Standard* Militar dos Estados Unidos da América (MIL) com frequência de 60Hz e foi necessário instalar conversores de frequência de 60/50Hz.

A projeção e aquisição dos conversores de frequência foi efetuada antes de outubro de 2003, tendo sido adquiridos dois conversores rotativos cujas dimensões tornaram a instalação dos mesmos um desafio. A responsabilidade atribuída nesta atividade pelo oficial superior da DME5 ao mestrando foi a de identificar localizações alternativas, para instalar os conversores, para futura decisão do oficial superior. Diversas localizações foram identificadas, mas apenas em uma seriam necessários trabalhos mínimos para instalação dos equipamentos, nomeadamente corte de parte da amura dos navios.

Alimentada pelos conversores, uma rede de distribuição de 50Hz foi instalada nos navios, de acordo com o descrito no ponto seguinte.

1.7.3. Instalação da Rede de Distribuição de 50Hz:

A rede de distribuição de 50Hz instalada no navio NPR D. Carlos I foi composta por rede trifásica de tensão nominal 400V AC e rede monofásica de 230V AC, e foi constituída por transformadores 400/230V AC, quadros elétricos e dois armários de fonte de alimentação ininterrupta (UPS) com circuitos de 230V AC.

O desenvolvimento e instalação do sistema foi efetuado pelo Arsenal e o mestrando, como representante da DME5, teve como responsabilidade a verificação de todo o sistema elétrico, para assim averiguar se este estava de acordo com as características definidas na especificação técnica; identificar se o número de tomadas projetadas eram suficientes para alimentar todos os equipamentos das equipas técnicas a serem alimentados; e assistir às provas de receção dos quadros de distribuição e do sistema de iluminação e tomadas.

1.8. Lanchas de Fiscalização Classe Bolina

As lanchas de fiscalização classe Bolina são UAM's projetadas e construídas pelo Arsenal que se encontram ao serviço da Polícia Marítima. A classe é constituída pela UAM Bolina e pela UAM Nortada [13].



Figura 1.8: Lanchas de Fiscalização Classe Bolina (extraído de [14]).

O mestrando, como representante da DME5, teve a responsabilidade de verificar se todo o sistema elétrico desenvolvido e instalado pelo Arsenal estava de acordo com o discriminado na especificação técnica aquando da adjudicação do projeto.

Foram desenvolvidas pelo mestrando com o grau académico de licenciado, as ações identificadas nos pontos seguintes:

- Aprovação de documentação (esquemas unifilares, planos do sistema elétrico, etc.);
- Testemunho e verificação dos testes aos equipamentos abaixo indicados para ambas as lanchas:
 - Gerador (testes no banco de provas e após instalação);
 - Quadro Elétrico;
 - Banco de Baterias 24V DC;
 - Carregador de Baterias;
 - Motor equipado com dínamo;
 - Iluminação e tomadas (interior e exterior);
 - Consola e equipamentos de navegação;
 - Limpa Vidros Giratórios 360°;
 - Outros equipamentos necessários para que o navio exercesse a sua missão.
- Aceitação da instalação elétrica.

1.9. Navio Escola NRP Vega

O navio escola NRP Vega foi construído nos Estados Unidos da América em 1949, tendo em 1976 passado ao efetivo dos navios da MGP para ser utilizado na formação dos cadetes da Escola Naval [15].



Figura 1.9: Navio Escola NRP Vega (extraído de [15]).

Durante uma viagem de instrução, o navio sofreu um curto-circuito que danificou toda a instalação elétrica forçando a sua reparação. O curto-circuito deveu-se à entrada de água no navio devido ao esforço exercido ao casco pela força do vento num mastro instalado posteriormente à construção do navio.

Como responsável por este projeto, após a conclusão da licenciatura em EE, o mestrando efetuou as seguintes ações:

- Assistência ao Arsenal na avaliação da condição do sistema elétrico;
- Assistência ao Arsenal na projeção da nova instalação elétrica;
- Testemunho e verificação dos testes realizados aos seguintes equipamentos:
 - Gerador Elétrico de 230V AC;
 - Quadro Elétrico;
 - Gerador Eólico para embarcação de recreio (novo equipamento no navio que visava o aumento da permanência no mar sem necessidade de atracar para abastecer o gerador elétrico);
 - Banco de Baterias de 24V DC;
 - Carregador de Baterias;
 - Sistema iluminação e tomadas.

1.10. Todas as Classes de Navios

Algumas das atividades desenvolvidas ao serviço da MGP envolveram todas as UN's e UAM's da MGP, destacando-se as seguintes:

- Especificação dos requisitos e equipamentos elétricos da Iluminação de Gala dos navios da MGP, tais como o tipo de cabo, de ficha e suporte de lâmpada;
- Aquisição de Lanternas de uso individual para as guarnições e realização dos respetivos testes de aceitação do equipamento;
- Especificação técnica das baterias para utilização nas UN's e UAM's da MGP. Foram identificadas as baterias em funcionamento nas unidades da MGP e de acordo com a sua especificação técnica foram efetuadas consultas ao mercado, analisadas propostas recebidas e identificadas as baterias existentes no mercado para substituição das baterias em fim de vida. Esta informação foi compilada numa especificação técnica, entregue às unidades para que estas adquirissem, quando necessário, as novas baterias de acordo com o especificado.
- Instalação da Alimentação Alternativa da Giro Bússola. Este sistema consistiu na instalação de um circuito elétrico, que permitia comutar automaticamente de alimentação principal para a alimentação alternativa, em caso de falha na primeira.

1.11. Instalação Elétrica Marítima vs Terrestre

A experiência profissional adquirida com instalações elétricas marítimas permite, ao mestrando, efetuar uma comparação com as instalações elétricas terrestres, nas quais se centrou o desenvolvimento académico.

A principal diferença entre uma instalação elétrica terrestre e uma marítima é o fato da instalação marítima ser um sistema elétrico isolado, excetuando quando as instalações estão atracadas ou em manutenção em terra a receber energia de terra. As instalações marítimas têm sistemas de produção, transformação e distribuição de energia instaladas em um espaço físico reduzido, espaço esse que tem de ser partilhado com outros sistemas essenciais em uma instalação marítima. Em uma instalação terrestre, a produção de energia de média tensão (MT), posteriormente transformada em alta tensão (AT), é instalada a quilómetros de distância do consumidor final, passando por vários sistemas de transformação para média tensão (MT) e baixa tensão (BT).

O controlo de uma instalação terrestre, desde a produção ao consumidor final, é separado em subsistemas e organizações; isto é, a central elétrica controla a produção da energia elétrica; a organização que distribui a energia controla a distribuição, e as organizações que vendem a energia elétrica aos consumidores finais controlam os sistemas de energia desses mesmos consumidores. Em uma instalação marítima, o controlo do sistema é integrado com uma coordenação apertada, que interliga vários sistemas, como propulsão, combate a incêndio, emergência, armas, etc. Este funcionamento torna a projeção da rede elétrica de uma instalação marítima, um maior desafio para o engenheiro projetista, porque este tem de ter presente todos os sistemas existentes desde a produção ao consumidor.

A rede elétrica de uma instalação marítima tem também de ser composta por distribuição de energia normal, que alimenta todos os consumidores da instalação; distribuição de energia de emergência, que alimenta apenas os consumidores essenciais para manter sistemas de segurança e combate a incêndios em funcionamento; e UPS's, que alimentam sistemas de sobrevivência e sistemas que provoquem danos graves na instalação em caso de corte de energia aos mesmos. Numa instalação terrestre residencial, a distribuição normal e de emergência são conjuntas e, caso exista fonte de alimentação ininterrupta, esta alimenta central de alarmes ou computadores. Instalações elétricas terrestres industriais ou comerciais de grandes dimensões são constituídas pelas três redes identificadas anteriormente, onde a geração da energia de emergência é efetuada no local.

As instalações elétricas marítimas têm de ter redundância do sistema de distribuição, isto é, caso exista algum problema com a produção ou distribuição de energia em uma parte da rede, este não deve inutilizar todo o sistema elétrico. Por este motivo, em uma instalação com dois ou mais geradores principais, estes não devem estar a produzir energia para um quadro elétrico principal com apenas um barramento; no mínimo o quadro elétrico deve ter dois barramentos com um disjuntor de interligação. Outra forma de garantir redundância, caso haja

suficiente espaço físico, é instalar dois quadros elétricos principais em compartimentos diferentes com sistemas que protejam ambos de possíveis problemas que possam acontecer a um deles, tais como inundação, fogo, curto-circuito, etc. No caso das instalações terrestres, se existirem problemas em uma linha de distribuição, numa central elétrica ou em um posto de transformação, alguns consumidores finais poderão ficar sem energia até o problema ser reparado, porque não existe redundância a partir de alguns pontos na rede até ao consumidor final.

Cabos elétricos foram, e são, em muitas instalações marítimas e terrestres a causa da propagação de fogo, e também, a causa de perda de vidas humanas em caso de emergência. É por essa razão que em instalações marítimas, ao contrário das instalações terrestres, é obrigatório a utilização de cabos elétricos com revestimento retardador de chamas e sem halogéneo na rede normal, e cabos à prova de fogo na rede de emergência porque todos os sistemas de emergência devem estar sempre em funcionamento.

1.12. Competências Adquiridas

Durante os quatro anos a prestar serviço na MGP foram consolidados e aprofundados conhecimentos adquiridos durante o período de formação académica, relativamente a redes de BT e alimentação e proteção de motores elétricos.

Foram igualmente adquiridos conhecimentos no âmbito das instalações elétricas em navios militares, que têm características mais restritivas quando comparadas com as instalações elétricas terrestres. Destacam-se em seguida fatores relevantes, não mencionados no subcapítulo 1.11, a considerar no estudo de instalações elétricas em navios:

- Devido à vibração dos motores de propulsão e outros que é propagada pelo navio, é necessária a instalação de amortecedores em equipamentos sensíveis, tais como quadros elétricos, carregadores de baterias, quadros de controlo, etc.;
- Devido à existência de impactos mecânicos (bombas e torpedos no caso de unidades navais militares), os equipamentos elétricos a instalar nas unidades deverão ter um índice de proteção mecânica (IK) adequado à situação em causa.

O fato de trabalhar num DE que integrava outras áreas da engenharia (mecânica, propulsão, instrumentação, construção naval, etc.), foi possível adquirir experiência em uma das mais importantes competências que um engenheiro deverá adquirir: trabalhar em uma equipa multidisciplinar com objetivos comuns.

A participação e observação dos testes aos equipamentos possibilitaram aprofundar a aprendizagem teórica e prática, adquirindo assim competências relativas à avaliação de resultados face ao previsto em especificações teóricas, bem como ações a tomar em caso de verificação de resultados inesperados.

1.13. Conclusões

A maioria dos projetos realizados pelo mestrando no período entre outubro de 2003 e dezembro de 2007, consistiram na conversão e adaptação de novos equipamentos e/ou sistemas à instalação elétrica existente nos navios.

Verifica-se um grande desafio neste tipo de projetos, pois ao se tratarem basicamente de remodelações da instalação, as dificuldades a serem ultrapassadas são várias: falta de espaço físico para instalar um equipamento necessário, capacidade da instalação elétrica inferior ao necessário ou até mesmo falta de verbas, o que poderá originar certas concessões, tal como, instalação de equipamentos mais pequenos devido à falta de espaço.

Parte dos projetos herdados do engenheiro rendido estavam em fase avançada e com decisões já tomadas em termos de equipamentos a utilizar, pois tinham sido realizados antes de outubro de 2003. Um exemplo desta situação foram os carregadores de baterias instalados na classe Baptista de Andrade (subcapítulo 1.4), adquiridos cinco anos antes da sua instalação e com dimensões superiores (1000x800x400mm) ao espaço onde poderiam vir a ser instalados. À época da instalação do equipamento, já existiam no mercado carregadores com dimensões mais reduzidas e com melhores características técnicas do que os adquiridos, concluindo-se que existe toda a vantagem na aquisição dos equipamentos no ano correspondente à sua instalação, devido à evolução tecnológica. Um segundo exemplo que dá destaque a esta conclusão, foi a aquisição dos conversores rotativos para os navios da classe D. Carlos (subcapítulo 1.7.2), que eram de grandes dimensões e irão dar custos de manutenção superiores aos conversores estáticos que já existiam aquando da instalação do equipamento.

O curto-circuito que inutilizou toda a instalação elétrica do navio escola NRP Vega é um bom exemplo da correta utilização de equipas multidisciplinares em projetos. Em anos anteriores, foi tomada a decisão de mudar o mastro do navio por um de maiores dimensões para tornar o navio mais rápido. Esta alteração aumentou o esforço na estrutura do navio. Numa viagem de instrução, o navio apanhou ventos que vergaram madeiras do casco, permitindo a entrada de água para o interior do navio. Esta entrou em contacto com o sistema elétrico, causando assim o curto-circuito. Aquando da decisão, apenas a disciplina de estruturas foi envolvida possibilitando assim uma alteração que teve consequências negativas para o sistema elétrico.

Capítulo 2 – Setor Petrolífero

2.1. Introdução

A atividade profissional desenvolvida na MGP, apresentada no Capítulo 1, foi um dos fatores decisivos que estimulou a mudança para o setor petrolífero, com início em janeiro de 2008, na Noruega. A experiência previamente adquirida, em conjunto com a busca de novos desafios e oportunidades, provou ser a combinação certa para a mudança de setor.

Neste capítulo, será apresentado o setor petrolífero e um resumo da atividade profissional exercida em empresas do setor, com o grau de licenciado em EE, no período de janeiro de 2008 a março de 2013 de acordo com a Figura 2.1, onde também são visíveis as diferentes empresas em que o mestrando prestou serviço no período identificado: Grenland Group, presentemente intitulada AgilityGroup; Aker Solutions; Talisman Energy Norge; e Aibel. A AgilityGroup, Aker Solutions e Aibel são empresas de serviços do setor na Noruega com presença mundial e a Talisman Energy Norge é a operadora do Canadá que tem participação e concessão em alguns campos de petróleo e gás do Mar do Norte.

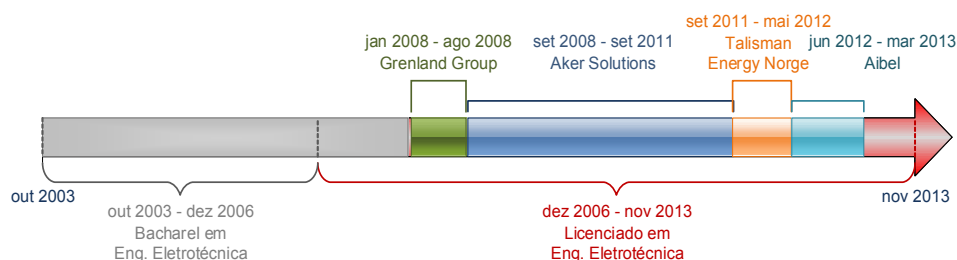


Figura 2.1: Cronograma da atividade profissional na Noruega (janeiro 2008 a março 2013).

No cronograma é possível identificar várias mudanças após um curto espaço de tempo ao serviço de algumas empresas, como é o caso da Grenland Group, da Talisman e da Aibel. Estas foram motivadas pela organização do mercado de engenharia no setor petrolífero da Noruega, que é largamente operado sob uma lógica de projeto. Apesar de maior risco potencial no final de cada projeto para o empregado, esta organização de mercado confere oportunidades de flexibilidade para participar em projetos considerados mais interessantes por cada profissional, e assim encaminhar a sua carreira profissional à sua medida. De referir, como exemplo, o contrato com a Aibel que seria até novembro de 2013 mas, em março de 2013, surgiu a oportunidade de participar em um projeto que é o início da exploração de petróleo e gás natural no círculo polar ártico. Assim, o nome do mestrando estará ligado a um novo mercado da exploração de petróleo e gás natural. A favorável situação do mercado de emprego na Noruega é um importante fator mitigante do potencial risco referido.

No capítulo seguinte é introduzido o setor petrolífero para melhor compreensão por parte do leitor dos capítulos que lhe sucedem, onde serão apresentadas as empresas referidas, bem como as atividades nelas desenvolvidas.

2.2. Apresentação do Setor Petrolífero

O setor petrolífero é composto por três segmentos, *upstream*, *midstream* e *downstream* conforme identificados na Figura 2.2.



Figura 2.2: Segmentos do setor petrolífero.

Em Portugal o setor petrolífero resume-se ao segmento de *downstream*; na Noruega, todos os três segmentos se encontram largamente presentes. Torna-se, assim, relevante apresentar conceitos base que poderão não ser do domínio do leitor, e que facilitarão a compreensão da vertente *upstream* da indústria petrolífera que está presente neste capítulo e no Capítulo 3. Os conceitos são apresentados de ordem alfabética para facilitar a procura de um conceito específico.

- *Blowout Preventor* (BOP) – Válvula de segurança que controla e monitoriza o poço de petróleo.
- Campo – Área onde foi comprovada a existência de depósitos de petróleo e/ou gás natural.
- Coluna de perfuração – Sistema que tem como principais funções aplicar peso sobre a broca, transmitir a rotação para a broca, conduzir o fluido de perfuração, manter o poço calibrado e garantir a inclinação e a direção do poço [16].

- *Deluge Skid* – Uma estrutura equipada com o equipamento necessário para fornecer água em grandes quantidades ao sistema de combate a incêndios. É designado em português como sistema de dilúvio.
- Det Norske Veritas (DNV) – Uma fundação norueguesa autónoma e independente classificadora de navios e plataformas de petróleo.
- *Detail Engineering* – É a fase de um projeto após o estudo inicial onde se formula a engenharia detalhada de um projeto.
- *Drawworks* – Guincho que movimenta o cabo do sistema de movimentação de cargas, sendo por isso responsável pela movimentação vertical das tubagens no poço [17].
- *Drillship* – Designação em inglês para um navio de perfuração que está equipado com todos os equipamentos e sistemas necessários para fazer operações de perfuração de poços de petróleo e gás natural.
- Equipamentos EX – São equipamentos certificados para uso em ambientes de atmosfera explosiva, de acordo com as diretivas ATEX (*ATmosphères EXplosibles*) da União Europeia [18].
- Fluido de perfuração – Fluidos utilizados durante as operações de perfuração, para manter a temperatura da broca controlada, retirar os cascalhos produzidos pela broca e transportá-los até à superfície, manter a estabilidade mecânica do poço, etc. Estes fluidos são também conhecidos como lamas de perfuração.
- *Hang-off* – Designação de um conjunto de equipamentos onde é efetuada a ligação entre cabos elétricos da plataforma ao cabo elétrico subaquático.
- *Heat tracing* – Sistema desenvolvido para proteção contra congelamento e compensação de perda de calor, por forma a assegurar a funcionalidade e operacionalidade das instalações em segurança. Relaciona-se com operações em localizações onde as temperaturas podem diminuir o fluxo de fluidos (água, óleos, etc.) ou mesmo congelá-los.
- *Helideck* – É a zona da plataforma ou navio utilizada para aterragem e descolagem de helicópteros.

- *Main Deck* – É o convés principal de um navio ou plataforma.
- *Milestone* – Técnica de gestão de projetos para marcar etapas importantes dos projetos.
- *NORSOK* – São normas norueguesas com base nas IEC's para o setor petrolífero da Noruega. São consideradas as normas mais rígidas do setor a nível mundial.
- *Offshore* – Palavra utilizada no setor para referir “no alto mar” ou “longe da costa”.
- *Onshore* – Palavra utilizada no setor para referir “em terra”.
- *Plataforma* – É uma estrutura devidamente equipada para a atividade de perfuração e/ou extração e processo de petróleo e/ou gás natural em alto-mar. Existem vários tipos de plataformas: plataformas fixas; autoelevatórias ou autoeleváveis; semi-submersíveis; de pernas de tensão vertical e, por fim, sistemas flutuantes de produção mais conhecidos como FPSO, Floating Production Storage and Offloading. Na Figura 2.3, podem ser visualizados diferentes tipos de plataformas.

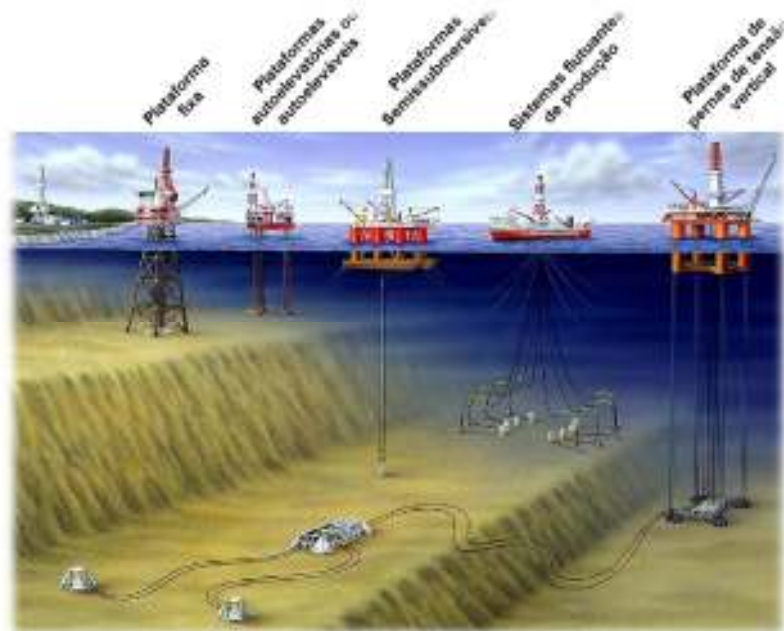


Figura 2.3: Tipos de plataformas (extraída de [19]).

- *Subsea* – Designação do segmento do setor que instala estruturas no fundo do mar para extração de petróleo e/ou gás natural nos campos.

- *Tag Numbers* – Identificação dos equipamentos constituída por uma numeração específica de acordo com o tipo de equipamento e sua função. Esta numeração é regulamentada pela empresa proprietária da instalação e de acordo com as normas NORSOK.
- *Tie-in* – Designação dada a um projeto que envolve duas ou mais instalações que estarão ligadas entre si, seja por pontes, cabos e/ou tubagem.
- Torre de perfuração – Estrutura que suporta o peso e o esforço de rotação da coluna de perfuração durante as operações.
- *Tripping* – Operação de puxar a coluna de perfuração do poço perfurado e depois empurrar a coluna de volta.
- *Tripping Bad Weather* – Operação de tripping em condições climáticas adversas.
- *Tween Deck* – É o convés intermédio de uma plataforma ou navio.
- *Upper Deck* – É o convés superior de uma plataforma ou navio.
- *Wheelhouse Level* – É o convés onde se encontra o leme de um navio ou de uma plataforma que se desloca sem o auxílio de um navio rebocador.

2.3. Grenland Group

A Grenland Group, agora AgilityGroup [20], oferece soluções para instalações *offshore* e *onshore*, que têm como objetivo a exploração e armazenamento de petróleo e/ou gás natural. Dedica-se também a serviços de remodelação e manutenção no mesmo tipo de instalações, para garantir o bom funcionamento durante o seu tempo em operação. Na área da fabricação, a AgilityGroup constrói módulos e equipamentos *subsea* para instalações *offshore* [21].

2.3.1. HHI Drillship Project

A atividade de engenheiro eletrotécnico na Grenland Group do mestrando consistiu no desenvolvimento de um projeto de *detail engineering*, denominado “HHI Drillship Project”, para a Hyundai Heavy. À data do início do contrato (Anexo B), o projeto já se encontrava numa fase avançada, o que permitiu identificar e aprofundar as diferenças entre uma instalação elétrica do setor militar naval e uma instalação do setor petrolífero.

Este trabalho consistiu na projeção do sistema de perfuração de um navio que foi entregue pela Hyundai Heavy ao seu cliente Transocean em novembro 2010. O navio de perfuração teve a designação de *Deepwater Champion* [22].



Figura 2.4: Navio de Perfuração *Deepwater Champion* (extraído de [22]).

O sistema de perfuração é constituído em três módulos principais:

- Torre de perfuração;
- Equipamentos de manuseamento dos fluidos de perfuração;
- Equipamentos de fabricação e manuseamento de cimento.

A rede elétrica do sistema de perfuração é projetada como um sistema isolado do navio onde apenas os quadros de AT e os quadros principais de emergência são pontos comuns entre este sistema e os restantes sistemas do navio.

Os equipamentos principais que constituíam a rede elétrica para o sistema de perfuração, eram os seguintes:

- 4 Transformadores 11k/480V AC de 2.5MVA;
- 4 Transformadores com dois secundários 11k/730V AC de 4.5MVA;
- 2 Transformadores 480/208V Y120V AC de 150kVA;
- 8 Conversores AC/DC de 2.25MVA;
- 2 Quadros Elétricos Secundários 480V 60Hz 3200A;
- 14 Centros de Controlo de Motores (CCM's) de 480V 60Hz;
- 6 Quadros Elétricos Secundários 208/120V 60Hz;
- 2 Quadros Elétricos 931V DC para o sistema *Variable Frequency Drive* (VFD);
- 2 UPS's de 120V AC;
- 2 Quadros de Distribuição UPS;
- 1 Quadro Elétrico de Emergência 480V AC;
- 2 Quadros Elétricos de Emergência 208/120V AC.

Na Figura 2.5, apresenta-se o esquema unifilar da rede elétrica do sistema de perfuração do navio, que não inclui a geração de energia por não fazer parte do âmbito do projeto.

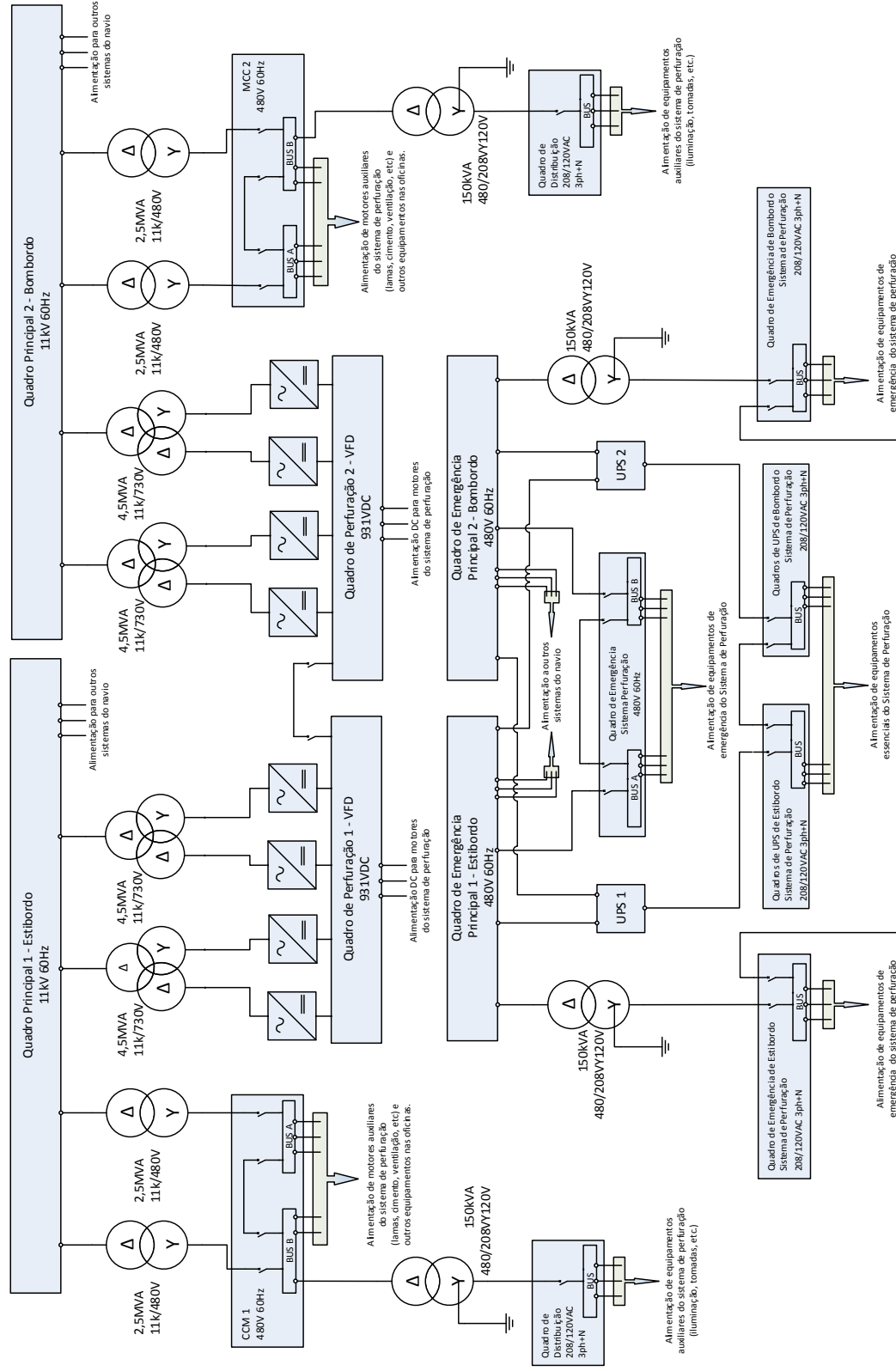


Figura 2.5: Rede elétrica do sistema de perfuração do navio Deepwater Champion

Os transformadores 11k/480V AC alimentam os quadros principais de controlo dos motores do sistema de perfuração que, por sua vez, alimentam os CCM's secundários, para controlo de cerca de cem motores do sistema de perfuração.

O sistema VFD é alimentado por oito conversores 730V AC/931V DC, que recebem energia de quatro transformadores 11k/720V AC com dois secundários de 4.5MVA cada. Os quadros elétricos do sistema VFD alimentam cerca de vinte e cinco motores DC, entre eles as bombas do fluido de perfuração e o *drawworks*.

Os quadros elétricos de distribuição 208/120V AC destinam-se à alimentação dos equipamentos auxiliares de baixa tensão do sistema de perfuração, assim como aos circuitos de iluminação e tomadas das áreas onde estão instalados os equipamentos do sistema de perfuração.

Os quadros elétricos de emergência alimentam a iluminação de emergência e alguns motores que não podem sofrer uma falha de energia em caso de emergência, como, por exemplo, motores de ventoinhas de arrefecimento dos transformadores, elevador da torre de perfuração e BOP. Outros motores do sistema de manuseamento de fluido de perfuração e do sistema de fabricação e manuseamento de cimento são também alimentados pelos quadros de emergência.

Neste projeto, a principal atividade exercida como engenheiro eletrotécnico constou do estudo e elaboração dos diagramas unifilares do sistema elétrico, de acordo com as normas do cliente, utilizando um *software* novo na empresa, o "SmartPlan Electrical". Este *software* tem como principal objetivo projetar e manter uma instalação elétrica segura e de confiança [23].

Por forma a obter os diagramas unifilares com a informação necessária houve necessidade de adaptar o *software* ao projeto (em colaboração com o departamento de informática) de acordo com as normas do cliente, desde o modelo dos documentos, à ilustração dos equipamentos e sua identificação automática (*tag numbers*). Durante o estudo e desenvolvimento da rede elétrica no *software*, efetuado pelo mestrando, identificaram-se incompatibilidades entre equipamentos que foram retificados após verificação por parte do engenheiro responsável:

- Número de cabos existentes no caminho de cabos superior ao definido pelo fabricante;
- Motores ligados ao mesmo disjuntor;
- Duplicação de *tag numbers*.

Ao fim dos oito meses ao serviço da Grenland Group, cerca de 95% do projeto estava concluído.

2.3.2. Competências Adquiridas

O sistema elétrico de uma instalação de perfuração é complexo e abrange uma série de outros sistemas (sistema de fluido de perfuração, de cimento, de sustentação de cargas, etc.) que têm de estar ativos durante as operações de perfuração, e o trabalho desenvolvido permitiu conhecer e obter experiência com vários tipos de sistemas e equipamentos, desconhecidos até ao momento pelo mestrando.

A implementação da rede elétrica no *software* e execução dos diagramas unifilares de todo o sistema elétrico, permitiram ao mestrando aprofundar conhecimentos ao nível da configuração do sistema elétrico de uma instalação de perfuração, tais como:

- A rede elétrica de um navio de perfuração tem apenas dois pontos comuns entre o sistema elétrico do navio e a rede elétrica do sistema de perfuração, os quadros principais e os quadros de emergência principais; possibilitando o isolamento da rede elétrica do navio, caso existam problemas com o sistema de perfuração;
- Um sistema que seja equipado por dois ou mais consumidores elétricos, estes não devem estar conectados a quadros elétricos alimentados pelo quadro elétrico principal do mesmo bordo. Esta distribuição possibilita isolar a rede elétrica do sistema de perfuração de um dos bordos do navio, em caso de necessidade, sem pôr em risco a operacionalidade do sistema. Por exemplo, o *drawworks* é sempre composto por dois motores, um principal e um auxiliar; se o principal for alimentado pela rede de bombordo, então o auxiliar será ligado à rede de estibordo;
- Todos os sistemas presentes na rede elétrica do sistema de perfuração têm no mínimo dois equipamentos, um principal e um auxiliar, havendo sempre redundância nos sistemas.

A documentação devidamente atualizada é uma das partes importantes da engenharia no setor petrolífero na Noruega, pois representa a imagem do sistema instalado (telas finais). Se existirem falhas na documentação produzida, o projeto pode parar e o seu custo subir substancialmente. Neste projeto, a documentação fazia parte de uma *milestone* no contrato com o cliente com um prémio associado, que seria perdido caso a documentação não estivesse concluída no prazo definido.

A participação neste primeiro projeto possibilitou ao mestrando o contacto inicial com sistemas de planeamento em larga escala, dada a dimensão e valor económico do projeto. Toda a execução do trabalho é efetuada de acordo com um plano desenvolvido no início do projeto que é atualizado com progresso todas as semanas. Desta forma, é possível ao engenheiro controlar o seu trabalho e progresso dando também informação a toda a equipa do projeto se as atividades vão ser concluídas na data estipulada.

2.3.3. Conclusões

O sistema elétrico de uma instalação de perfuração é equivalente aos sistemas elétricos do setor naval militar, isto é, todas as características da rede elétrica de uma instalação naval militar identificadas nos subcapítulos 1.11 e 1.12 (distribuição normal, emergência e UPS; cabos retardadores de chamas e à prova de fogo; etc.) são válidas para as instalações de perfuração.

No que respeita às precauções ligadas à segurança da instalação e salvaguarda da vida humana, este setor é rígido, esta conclusão foi verificada quando, a determinada altura, foi identificada uma possibilidade de acidente na instalação de perfuração. Neste momento, todos os engenheiros envolvidos tiveram de alterar o seu sistema para anular esse risco. Este fator torna o trabalho de um engenheiro mais exigente e criativo, pois tem de encontrar novas soluções mesmo que o sistema seja igual a muitos que já efetuou e instalou no passado.

Um programa informático, quando utilizado no estudo e desenvolvimento de uma instalação elétrica, é uma ferramenta que pode reduzir custos importantes, se utilizada desde o início do projeto e por pessoas experientes. Custos podem ser reduzidos em relação a:

- Erros humanos;
- Tempo despendido pelos engenheiros na elaboração de documentação, verificação de caminhos de cabos, identificação de equipamentos, etc.;
- Tempo utilizado pelos desenhadores de desenho assistido por computador (CAD) relativamente a documentação.

A maior dificuldade encontrada pelo mestrando durante este projeto foi a adaptação ao novo setor, ou seja, conhecer e perceber os sistemas que são apenas utilizados no setor petrolífero (sistema de fluido de perfuração, *drawworks*, etc.) e assim adequar a forma de pensar e trabalhar a um setor onde as regras de segurança são muito específicas.

2.4. Aker Solutions

A Aker Solutions é uma empresa que oferece os seguintes produtos e serviços no mercado internacional [24]:

- Tecnologias de perfuração;
- Engenharia;
- Manutenção, Remodelação e Operação;
- Tecnologia e Serviços *Subsea*;
- Serviços de *Subsea* e Poços de Petróleo;
- Sistemas de Processo.

Durante o contrato permanente com a Aker Solutions (Anexo C e Anexo D), foram desempenhadas pelo mestrando funções de engenheiro eletrotécnico no projeto intitulado “Tampen V&M”, de setembro de 2008 a agosto de 2010, e no projeto denominado “Gudrun Tie-in to Sleipner A” de setembro de 2010 a setembro de 2011 (Anexo F). Nos subcapítulos 2.4.1 e 2.4.2 são descritas as atividades desenvolvidas em ambos os projetos, respetivamente.

2.4.1. *Tampen V&M*

Tampen é uma área Norueguesa do Mar do Norte constituída por vários campos de petróleo, onde estão instaladas as seguintes plataformas: Statfjord (início de produção em 1979) [25], Gullfaks (1986) [26], Snorre (1992) [27], Tordis (1994) [28], Statfjord Nord (1995) [29], Vigdis (1997) [30], Visund (1999) [31] e a Sygna (2000) [32].

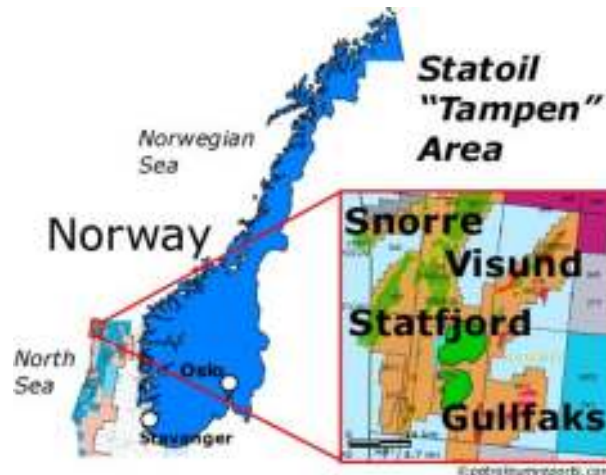


Figura 2.6: Localização da área Tampen (extraído de [33]).

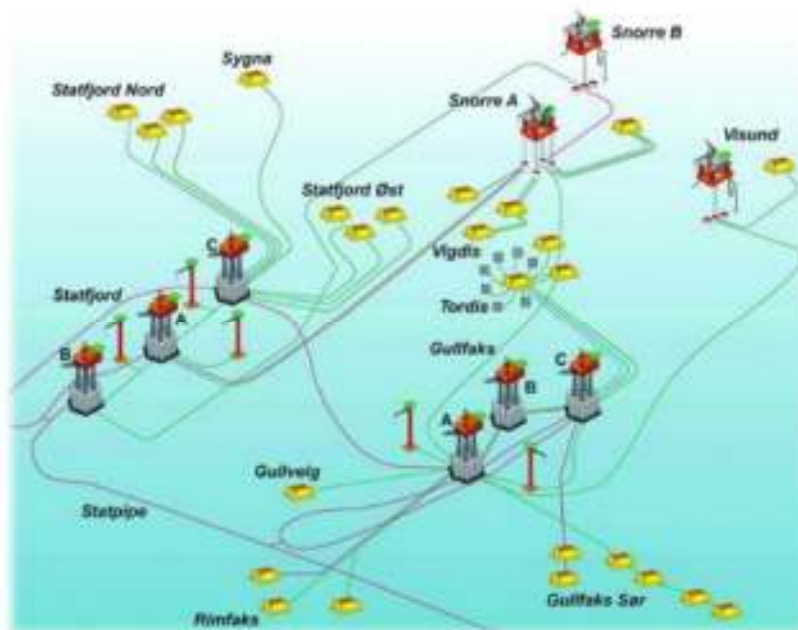


Figura 2.7: Instalações existentes na área Tampen (extraído de [34]).

O projeto "Tampen V&M" teve como objetivo fazer manutenção e remodelação de cinco das nove plataformas da área Tampen, as plataformas fixas Statfjord A, B e C e os semi-submersíveis Snorre A e B.

A atividade desenvolvida repartiu-se entre manutenção e modificações efetuadas nas plataformas Statfjord A, B e C. Fizeram parte das atividades desenvolvidas, como auxiliar no primeiro projeto e como responsável pelas alterações da parte elétrica nos restantes, os trabalhos seguintes:

- Alteração da Iluminação e Baterias das Embarcações Salva-vidas;
- Instalação de Compressor de Ar de Arranque do Gerador de Emergência;
- Alteração da Cozinha;
- Instalação do Pedestal da Grua;
- Reparação da Tubagem de 42" de Água do Mar;

É importante referir que em todos estes projetos foi necessário estimar o número de horas necessárias para o estudo, *detail engineering* e instalação; trabalho que fez parte das responsabilidades do mestrando. Essa estimativa foi implementada no plano de cada trabalho, com o mesmo objetivo referido no subcapítulo 2.3.2, controlar o trabalho desenvolvido e o seu progresso, de modo a informar o responsável geral sobre o decurso das atividades e do cumprimento da data de conclusão.

A coordenação do desenhador de *Computer Aided Design* (CAD), do técnico que elaborou o caderno de trabalhos e do colaborador responsável pela atualização dos sistemas internos do cliente, fizeram parte das responsabilidades do mestrando nestas atividades.

Em síntese, são apresentadas as tarefas executadas em cada uma das atividades expostas anteriormente.

2.4.1.1. Alteração da Iluminação e Baterias das Embarcações Salva-vidas

Sendo o primeiro trabalho desenvolvido na Aker Solutions, este possibilitou o conhecimento dos sistemas da Aker Solutions e dos sistemas usados no projeto "Tampen V&M", pertencentes ao cliente.

Este trabalho foi realizado como colaborador do engenheiro responsável pelas alterações da parte elétrica, que foi o mentor do mestrando durante os primeiros meses na empresa, pois este é o processo de integração de novos funcionários da Aker Solutions e na generalidade das empresas da Noruega.

O projeto tinha como objetivo aumentar o tempo de funcionamento dos equipamentos elétricos instalados em onze embarcações salva-vidas, que faziam parte das plataformas Statfjord A, B e C. Incluía equipamentos de iluminação, de comunicações e de emergência (sistema de irrigação das embarcações para proteção em caso de fogo).

Uma empresa foi contratada pela Aker Solutions para efetuar o estudo, *detail engineering* e instalação do sistema elétrico, isto é, uma solução chave na mão, mas sempre com a supervisão e verificação por parte do engenheiro responsável.

Substituíram-se em todas as embarcações salva-vidas, as baterias, os carregadores de baterias, a iluminação e o sistema de libertação rápida à rede elétrica da plataforma. De acordo com a especificação técnica as baterias a instalar deveriam ser do tipo sem manutenção, com capacidade de manter a iluminação ligada no mínimo 48h sem recarga, e a iluminação seria do tipo LED, devido ao seu baixo consumo elétrico.

Foi desenvolvido pelo mestrando um sistema de libertação rápida da rede elétrica das plataformas, dado que as embarcações instaladas são do tipo *free-fall* (queda livre) para rápida evacuação, tal como evidenciado na Figura 2.8.



Figura 2.8: Salva-vidas *free-fall* da Statfjord A (extraído de [35])

A Figura 2.9 representa o sistema de libertação rápida aceite e instalado nas embarcações. É constituído por uma tomada e respetiva ficha, e por um sistema de segurança que, em caso da embarcação ser libertada, impedirá que a ficha e o cabo elétrico ligado à rede da plataforma sejam puxados, o que poderia levar à sua destruição ou até à destruição da estrutura da embarcação salva-vidas, pondo em risco os trabalhadores dentro das embarcações.

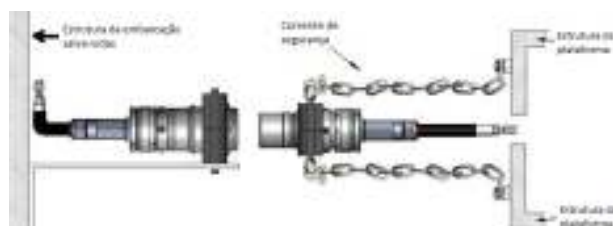


Figura 2.9: Sistema de libertação rápida à rede elétrica da plataforma

As responsabilidades do mestrando neste projeto incluíram ainda, em colaboração com o responsável, a verificação dos equipamentos e documentação apresentada pela empresa contratada, e a integração dos novos equipamentos nos sistemas do cliente.

2.4.1.2. Substituição do Compressor de Ar para Arranque do Gerador de Emergência

Na catividade, procedeu-se à substituição do compressor do ar para arranque do gerador de emergência da Statfjord A.

O compressor de ar existente não possuía componente elétrica, porque o seu arranque era feito com ar comprimido, mas o arranque do novo compressor de ar passou a ser constituído por um sistema elétrico com duas alimentações de dois quadros elétricos de 230V AC distintos, para existir redundância no sistema. O sistema incorporou os seguintes equipamentos elétricos:

- Cabo elétrico RFOU 0,6/1kV (tipo de cabo utilizado nas instalações *offshore*) dimensionado para 16A;
- Painel de controlo dos carregadores de baterias constituído por dois carregadores de baterias e respetivo equipamento de medida, proteção, sinalização e controlo;
- Dois bancos de baterias de arranque.

Como responsável da parte elétrica deste projeto, o mestrando desempenhou as funções seguintes:

- Dimensionamento das proteções e cabos elétricos do sistema;
- Verificação do dimensionamento do sistema elétrico do novo equipamento (painel de controlo e baterias), efetuado pelo fornecedor;
- Atualização dos esquemas unifilares dos quadros elétricos;
- Verificação e aprovação da documentação enviada pelo fornecedor (fichas técnicas dos equipamentos, esquemas de interligações do sistema, etc.).

2.4.1.3. Alteração da Cozinha

Devido à presença de fungos nocivos à saúde, no pavimento e paredes da cozinha da plataforma Statfjord A, procedeu-se a uma remodelação completa de ambas as estruturas.

Também fez parte desta remodelação, a substituição de alguns equipamentos de cozinha e equipamentos elétricos, tais como tomadas e armaduras de iluminação.

A alteração da cozinha foi efetuada em cinco fases:

- Instalação de Cozinha Temporária;
- Remoção de Equipamentos da Cozinha;
- Substituição do Pavimento e Paredes;
- Instalação de Equipamentos na Cozinha;
- Remoção de Cozinha Temporária.

Como responsável da área elétrica do projeto, o mestrando realizou os trabalhos, descritos em seguida, nas diferentes fases:

A. Instalação de Cozinha Temporária

Para ser possível desenvolver os trabalhos na cozinha da plataforma, sem haver uma paragem total da mesma, foi necessário instalar uma cozinha temporária.

A cozinha temporária foi constituída por nove contentores específicos:

- Um contentor de cozinha;
- Um contentor de lavagem;
- Três contentores de refrigeração;
- Três contentores de congelação;
- Um contentor de armazenamento de produtos secos.

Adicionalmente foi necessário instalar um elevador de carga para acesso dos carrinhos com as refeições até ao elevador do refeitório, visto existir um lanço de escadas.

Para cada contentor e para o elevador foi necessário fornecer energia, e, porque os contentores e o elevador não são certificados para uso durante um alarme de gás, foi necessário encontrar circuitos disponíveis com a filosofia do sistema de alarmes incluída de forma a garantir que, no caso de alarme, a alimentação a todos os contentores seria desligada.

Os valores de tensão e corrente, correspondentes aos contentores e elevador de carga, são indicados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Caraterísticas elétricas dos contentores e elevador

Descrição	U_n [V]	I_n [A]
Contentor de Cozinha	440	125
	230	16
Contentor de Lavagem	230	16
Contentores de Refrigeração	230	16
Contentores de Congelação	230	16
Contentor de Armazenamento de Produtos Secos	230	16
Elevador de Carga	440	16

Como a cozinha temporária foi instalada na zona de carga e descarga de contentores da plataforma, houve necessidade de instalar um habitat de sobrepressão, com o intuito de proteger a cozinha temporária das intempéries e de uma potencial fuga de gás na zona. Assim, houve também a necessidade de alimentar o sistema de sobrepressão do habitat, a 440V AC, 63A e 230V AC, 16A.

Nesta fase do projeto, as responsabilidades do mestrando consistiram nos seguintes trabalhos:

- Especificação das características elétricas disponíveis na instalação para que os fornecedores dos contentores e elevador pudessem fazer as alterações necessárias aos equipamentos de que dispunham;
- Verificação e testes *onshore* dos contentores, elevador de carga e do habitat de sobrepressão, de acordo com a norma que especifica os requisitos técnicos para equipamentos temporários nas instalações do setor petrolífero na Noruega (NORSOK Z-015) [36];
- Estudo e aquisição dos cabos elétricos de acordo com as normas NORSOK e características dos equipamentos;
- Estudo dos circuitos de iluminação e tomadas, para a área da cozinha temporária (230V AC);
- Identificação e aquisição dos equipamentos de iluminação e tomadas;
- Execução de toda a documentação necessária à instalação elétrica dos sistemas e equipamentos acima referidos (memórias descritivas, cálculos de curto-circuito e queda de tensão dos circuitos e peças desenhadas).

B. Remoção de Equipamentos da Cozinha

Grande parte da documentação da instalação elétrica remonta a 1979, o que significa que os esquemas da rede de distribuição de circuitos de iluminação e tomadas estava desatualizada. Assim, o mestrando efetuou o levantamento dos circuitos de iluminação e tomadas da cozinha antes de remover os equipamentos, de modo a facilitar a sua reinstalação após a substituição do pavimento e paredes. Com a informação obtida, elaborou uma revisão dos esquemas de iluminação e tomadas referentes a esta zona, e estes foram incluídos na memória descritiva referente à remoção dos equipamentos elétricos da cozinha.

C. Substituição de pavimento e paredes

Nesta fase, apenas houve necessidade de prover a cozinha com iluminação temporária e tomadas de 440V AC e 230V AC para alimentação dos equipamentos necessários ao trabalho.

D. Instalação de Equipamentos na Cozinha

Após conclusão da fase anterior, instalaram-se todos os equipamentos na cozinha e efetuou-se a rede de iluminação e tomadas.

Alguns equipamentos de cozinha foram substituídos, devido a mau funcionamento, e foi necessário verificar se as características elétricas dos novos equipamentos eram compatíveis com os requisitos do cliente e das normas NORSOK.

As armaduras de iluminação, tomadas e respetivos cabos de alimentação, fizeram também parte dos equipamentos substituídos. Assim, identificaram-se e quantificaram-se os novos tipos de equipamentos a instalar, e estudaram-se os respetivos circuitos de iluminação normal e de emergência (230V AC) e de tomadas (440V AC).

Esta alteração de equipamentos implicou a modificação do quadro de distribuição secundário da cozinha e sua adaptação às novas necessidades. Este passou a ser alimentado por um circuito dedicado, pois com o resultado do novo balanço de cargas do quadro, constatou-se que era superior ao tolerado pelo circuito que o alimentava em paralelo com outro quadro elétrico.

Todas estas alterações foram registadas em novas revisões dos documentos existentes, tais como: desenhos dos circuitos de iluminação e tomadas, esquemas unifilares dos quadros elétricos, cálculos de curto-circuito, etc..

E. Remoção de Cozinha Temporária

Quando a cozinha ficou concluída e apta a funcionar procedeu-se à remoção da cozinha temporária e do habitat de sobrepressão. Removeram-se então todos os equipamentos elétricos instalados na primeira fase dos trabalhos descritos no ponto A deste subcapítulo, e repuseram-se todas as alterações efetuadas, conforme a documentação permanente da plataforma.

2.4.1.4. Instalação do Pedestal da Grua

O pedestal de uma das gruas da plataforma foi substituído, tendo sido necessário fazer trabalhos de soldadura na plataforma, enquanto esta estava em funcionamento. Para tal, foi preciso instalar um habitat de sobrepressão na zona da grua e assim, fazer os trabalhos de soldadura sem risco de explosão, de acordo com as normas NORSOK.

Na área dos trabalhos instalaram-se temporariamente armaduras de iluminação e algumas tomadas para alimentar os equipamentos do habitat. Para esse fim foi necessário projetar um circuito de 230V AC 16A com armaduras de iluminação, três circuitos tomadas de 440V AC 63A para conectar os equipamentos de soldadura, e um circuito de tomadas de 230V AC 16A para alimentar outros equipamentos necessários durante os trabalhos.

À semelhança dos casos anteriores, verificou-se se os equipamentos elétricos fornecidos estavam de acordo com as normas, efetuaram-se os cálculos de curto circuitos e quedas de tensão necessários, e criaram-se documentos provisórios com informação que facilitasse o trabalho por parte dos instaladores.

2.4.1.5. Reparação da Tubagem de 42” de Água do Mar

Uma tubagem de 42” de água do mar, que transporta água do mar para os sistemas da plataforma, apresentava problemas de corrosão e foi necessário repará-la, para tal, a área de trabalho foi equipada com iluminação temporária de 230V AC 16A.

Memória descritiva, cálculos de curto-circuito e de queda de tensão e esboços com a implantação das armaduras de iluminação, foram realizados para uma melhor compreensão por parte dos instaladores.

2.4.2. Gudrun Tie-in to Sleipner A

Em 2010 a Statoil atribuiu à Aker Solutions um contrato intitulado “Sleipner Modifications Portfolio Agreement”, no valor de 900 milhões de coroas norueguesas (aproximadamente 118 milhões de euros), para execução de um *tie-in* entre duas plataformas, a Gudrun e a Sleipner A, ambas no setor Norueguês do Mar do Norte (“Gudrun Tie-in to Sleipner A”) [37]. O *tie-in* consistiu no fornecimento de energia elétrica à Gudrun por parte da Sleipner A e esta última, receber para tratamento e armazenagem toda a produção de petróleo e gás natural da Gudrun.



Figura 2.10: Localização da Sleipner A e da Gudrun (extraídas de [38] e [39])

A Gudrun é uma plataforma fixa que foi projetada e construída por outra empresa para ser instalada a 55km da Sleipner A [39], que é também uma plataforma fixa, e encontra-se em funcionamento desde 1993.



Figura 2.11: Plataforma Sleipner A (extraída de [40])

Entre setembro de 2010 e setembro de 2011, como engenheiro eletrotécnico responsável pela instalação de equipamentos de MT e AT na Sleipner A (Anexo E), a atividade foi desenvolvida com especial incidência no seguinte:

- Estudo, definição e elaboração de especificação técnica dos equipamentos elétricos, de acordo com as normas do cliente e as normas NORSOK;
- Identificação de possíveis fornecedores;
- Preparação e lançamento de concursos para aquisição de equipamentos;
- Análise e seleção de propostas;
- Decisão sobre a solução tecnicamente viável para cada equipamento;
- Projeção detalhada dos equipamentos com os fornecedores;
- Interligação entre os fornecedores e a equipa técnica do projeto.

No início do projeto, o sistema para fornecimento de energia à Gudrun, previsto pelo cliente, era constituído pelos equipamentos seguintes:

- Duas novas celas no quadro elétrico principal de 13,8kV;
- Equipamento para diminuir o pico de corrente no instante em que o transformador é energizado;
- Transformador 13,8/45kV 20MVA, equipado com um Comutador de Carga (CDC);
- Cabos de MT (13,8kV AC) e AT (45kV AC);
- Terra de Proteção dos 45kV;
- *Hang-off*.

Após alguns estudos, que serão analisados nos próximos subcapítulos, o sistema instalado na Sleipner A foi dotado dos seguintes equipamentos:

- Barramento exterior de 13,8kV AC, 2000A;
- Quadro Elétrico de 13,8kV AC, 2000A;
- Resistências de Arranque (5Ω) do Transformador;
- Transformador 13,8/45kV, 20MVA equipado com um CDC;
- Cabos de MT (13,8kV AC) e AT (45kV AC);
- Terra de Proteção dos 45kV AC;
- *Hang-off*.

2.4.2.1. Quadro Elétrico de 13,8kV AC

O quadro elétrico principal da plataforma não possuía circuitos sobressalentes para alimentar a Gudrun, logo, no estudo inicial apresentado e aceite pelo cliente, foi previsto a instalação de duas novas celas. No entanto, a decisão não teve em conta estudos em curso que consideravam fornecer energia elétrica a futuras plataformas na zona, a partir da Sleipner A.

As duas novas celas utilizariam o único espaço disponível no compartimento de AT, que viabilizava a instalação de um novo quadro elétrico para fornecer energia a outros consumidores. Por esta razão, no início do projeto de execução, o mestrandu apresentou ao cliente uma proposta de alteração, que foi aceite, sugerindo a instalação de um novo quadro elétrico de 13,8kV AC, composto por cinco celas: três para circuitos vários; uma destinada à instalação do disjuntor geral; e a quinta para equipamento de medida e controlo. Este quadro seria alimentado por um barramento exterior ligado a um barramento do quadro principal existente, que é alimentado por um gerador principal. Este ponto de ligação daria a possibilidade de isolar completamente a rede elétrica da Sleipner A da rede elétrica da Gudrun, se necessário.

A Figura 2.12 e Figura 2.13 apresentam, respetivamente, a planta parcial do compartimento e o esquema unifilar correspondente à solução inicial, e a Figura 2.14 e Figura 2.15, apresentam, respetivamente, a planta parcial do compartimento e o esquema unifilar da solução desenvolvida e aceite pelo cliente.

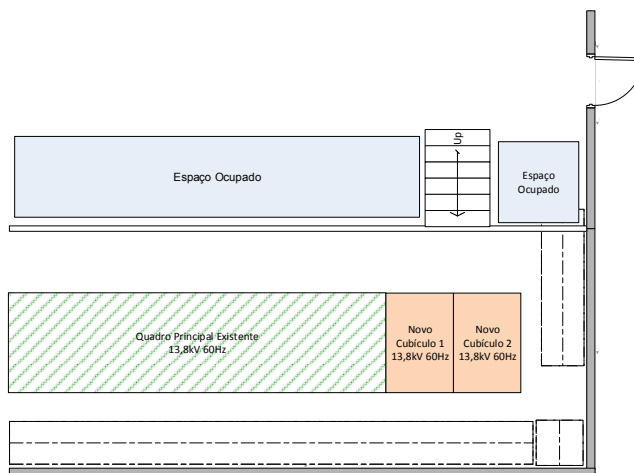


Figura 2.12: Planta parcial do compartimento, solução inicial.

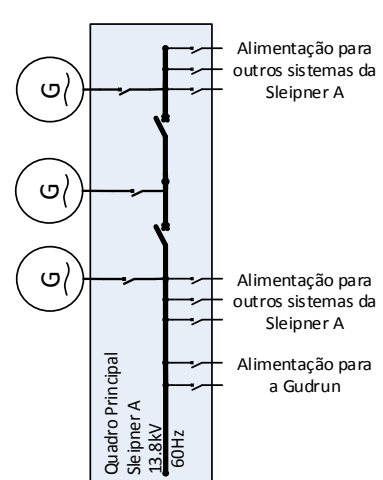


Figura 2.13: Esquema unifilar, solução inicial.

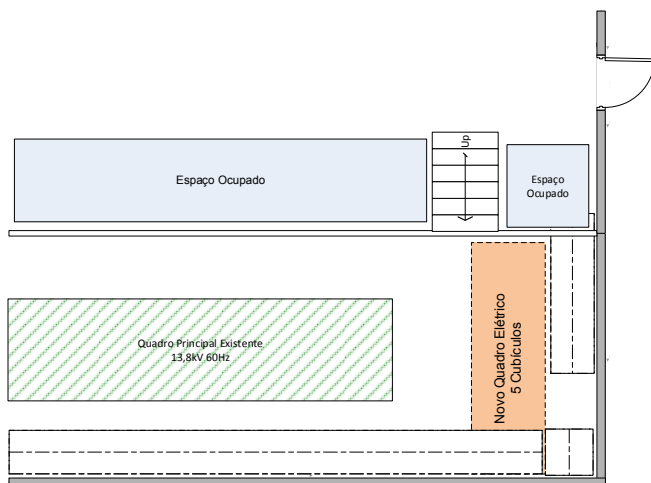


Figura 2.14: Planta parcial do compartimento, solução final.

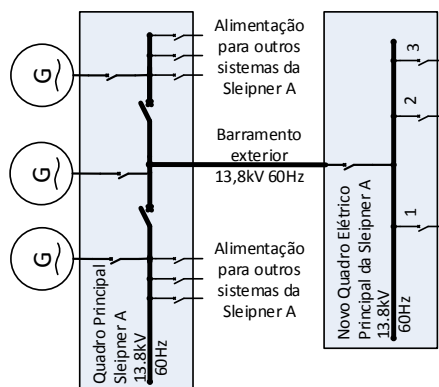


Figura 2.15: Esquema unifilar, solução final.

2.4.2.2. Barramento exterior de 13,8kV AC

Foram apresentadas ao cliente duas soluções para a ligação entre o quadro elétrico existente e o novo quadro elétrico, por meio de cabos elétricos ou por um barramento exterior trifásico dimensionado para o projeto de acordo com as características do barramento do quadro elétrico principal (tensão, corrente, pico de corrente, etc.). O cliente optou pela instalação de um barramento exterior, devido às vantagens indicadas pelo fabricante [41], como sendo:

- Dimensões reduzidas;
- Instalação simples;
- Queda de tensão reduzida;
- Alta resistência a curto-circuitos;
- Sobrecarga de +20% durante duas horas;
- Configuração à medida do projeto;
- IP68 e IK10;
- Baixa inflamabilidade;
- Isolamento auto extingüível de acordo com IEC-332;
- Ausência de manutenção.

A Figura 2.16 ilustra uma instalação realizada com barramento exterior.



Figura 2.16: Instalação com barramento exterior (extraído de [41]).

2.4.2.3. Resistências de Arranque do Transformador 13,8/45kVA

A corrente de pico que se verifica no momento da ligação do transformador à rede não seria suportável pelo sistema elétrico da Sleipner A, de acordo com a análise do sistema elétrico efetuado por uma empresa contratada pelo cliente, tendo sido necessário decidir por um tipo de equipamento adequado, para diminuir o pico de corrente.

Foram consideradas duas hipóteses, instalar uma resistência em cada fase de alimentação ou instalar um transformador magnetizante em uma das fases de alimentação do transformador 13,8/45kVA. Ambas eram adequadas em termos de características elétricas, de acordo com simulação efetuada pelo fornecedor da Gudrun, mas com base nos contactos com fabricantes, concluiu-se que a primeira hipótese seria a mais apropriada para este projeto, devido ao peso e dimensões do transformador magnetizante. Por decisão do cliente, o estudo das resistências a instalar foi efetuado pelo fornecedor da Gudrun, tendo sido definida a instalação de três resistências de arranque de 5Ω , uma em cada fase de alimentação do transformador 13,8/45kVA.

2.4.2.4. Transformador 13,8/45kV e Comutador de Carga

Devido à distância entre as duas plataformas foi essencial instalar um transformador elevador de tensão (13,8/45 kV), para diminuir as perdas no cabo elétrico subaquático, sendo a tensão de 45kV considerada técnica e economicamente, como a mais viável.

O transformador 13.8/45kV AC foi equipado com um CDC, para permitir variar passo a passo a tensão de saída, correspondendo a uma certa percentagem da tensão nominal. Assim, a tensão à saída do transformador variaria consoante a variação da tensão a jusante deste.

Com base no estudo e simulação do sistema elétrico da Gudrun, identificaram-se quedas de tensão de grande amplitude, tendo-se optado por um CDC com nove passos, de +/- 2,5% cada, o que possibilitou aumentar ou diminuir automaticamente a tensão de saída do transformador em +/-10%.

O CDC permite aumentar a tensão quando grandes consumidores são desligados na Gudrun, ou até mesmo diminuir a tensão quando estes consumidores são ligados, evitando grandes amplitudes de tensão na rede elétrica da Gudrun.

Este tipo de equipamento tem um funcionamento mecânico moroso, exigindo tempo de arrefecimento entre cada passo, o que provoca um atraso na reação do CDC às amplitudes criadas no ligar e desligar de grandes consumidores.

Os critérios técnicos chave usados para seleção final do transformador e sua justificação são apresentados na Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Critérios Chave de Seleção Final do Transformador.

Critério	Parâmetro	Justificação
Tempo de conclusão de cada passo do CDC	2,5s	De acordo com a simulação efetuada pelo fornecedor da Gudrun, especificou-se que cada passo seria no máximo de 2,5s.
Dimensões e espaço para manutenção do equipamento	Menor espaço possível	Transformador seria instalado num contentor com espaço limitado.

Da Tabela 2.2, constata-se que as características elétricas do transformador não fazem parte dos critérios de seleção final do fornecedor, pois as propostas aceites têm obrigatoriamente de cumprir a especificação técnica enviada.

2.4.2.5. Cabos de MT e AT

Os cabos elétricos para as tensões de 13,8kV e 45kV são fabricados especificamente para cada projeto, devido às características mecânicas exigidas nas plataformas, como sejam, resistência ao fluido de perfuração, retardadores de chamas e sem halogéneo.

Contactaram-se possíveis fornecedores, no entanto, só um teve capacidade de fornecer o cabo RFOU (designação dada a este tipo de cabo) nas dimensões requeridas e no tempo especificado (três cabos RFOU em paralelo, por fase, de 1x300mm², 12/20(24)kV e um cabo RFOU, por fase de 1x240mm², 52kV). Baseado na documentação do fabricante, especificaram-se as secções adequadas aos valores da corrente prevista entre o quadro elétrico e o transformador e entre este e o cabo subaquático.

2.4.2.6. Terra de Proteção

As normas NORSOK exigem um sistema de terra de proteção aos terminais de AT de transformadores, ligando à terra as fases do transformador, para que a manutenção ao sistema de AT e ao transformador seja realizada em segurança.

No presente projeto, foi decidido instalar terra de proteção aos terminais de MT do transformador, para controlo e segurança do sistema.

2.4.2.7. *Hang-off*

A ligação entre os cabos monofásicos de 45kV da plataforma e o cabo subaquático trifásico foi executada, utilizando uma metodologia designada de *splice*, que consiste na junção das fases de um cabo às fases do outro, de acordo com a Figura 2.17.

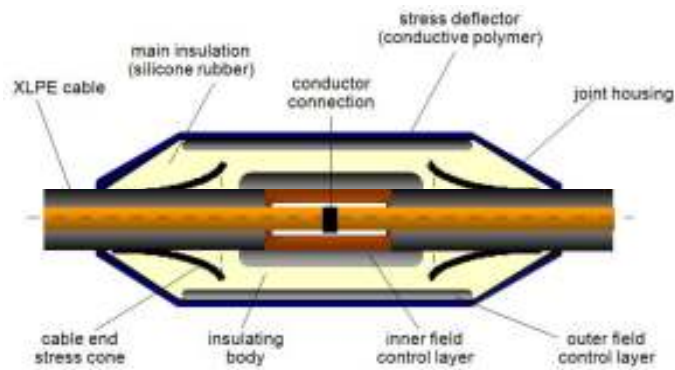


Figura 2.17: Configuração de um *splice* de um cabo de AT (extraído de [42]).

O *splice* foi instalado numa estrutura intitulada de *hang-off*, semelhante à apresentada na Figura 2.18, que corresponde ao *splice* efetuado numa outra plataforma, a Gjøa.



Figura 2.18: *Hang-off* da Gjøa (plataforma no Mar do Norte).

2.4.2.8. Solução Instalada

Na sequência dos estudos realizados, o esquema unifilar da solução instalada do sistema de fornecimento de energia elétrica à Gudrun, instalado na Sleipner A, é apresentado na Figura 2.19.

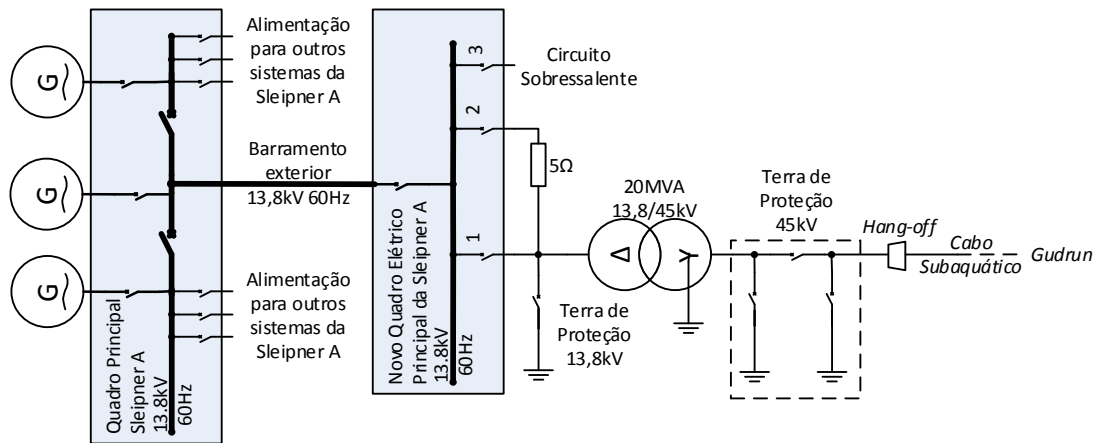


Figura 2.19: Esquema unifilar do sistema de fornecimento de energia elétrica à Gudrun, instalado na Sleipner A.

A filosofia de funcionamento do sistema é o descrito nos pontos seguintes:

- O disjuntor do circuito 2 fecha para energizar o transformador nas situações seguintes:
 - Disjuntor do circuito 1 aberto;
 - Contactos da Terra de Proteção abertos;
 - Disjuntor principal da Gudrun aberto.
- Após a energização do transformador, o disjuntor do circuito 1 fecha, abrindo do circuito 2, com temporizações definidas pelo fornecedor em acordo com o cliente.
- O disjuntor principal da Gudrun fecha nas seguintes condições:
 - Disjuntor do circuito 1 fechado;
 - Disjuntor do circuito 2 aberto;
 - Contactos da Terra de Proteção abertos.
- Contactos da Terra de Proteção podem ser fechados quando:
 - Disjuntor do circuito 1 aberto;
 - Disjuntor do circuito 2 aberto;
 - Disjuntor principal da Gudrun aberto.

2.4.3. Competências Adquiridas

A atividade profissional desenvolvida na Aker Solutions permitiu a aquisição de competências a nível técnico, gestão de projeto e de pessoas, e interligação entre equipas e empresas.

No projeto “Tampen V&M” foi possível conhecer um variado número de sistemas incorporados nas instalações *offshore*, contactar com as diferentes disciplinas associadas a cada sistema (mecânica, estruturas, tubagem, etc.) e compreender o importante papel da segurança e higiene no trabalho. Também no âmbito, quer das características elétricas requeridas pelas normas norueguesas do setor, quer de novos programas informáticos utilizados para apoiar o projeto no controlo de custos e tempo, a experiência foi muito enriquecedora.

Foram desenvolvidas novas capacidades no projeto “Gudrun Tie-in to Sleipner A”, tais como: especificação dos equipamentos de MT; identificação de alterações aos estudos iniciais para melhorar as instalações; interligação entre as várias disciplinas, arquitetura, estruturas, instrumentação, telecomunicações e também entre diferentes empresas. A Figura 2.20 representa o diagrama de todos os interfaces existentes nas atividades desenvolvidas pelo mestrand.

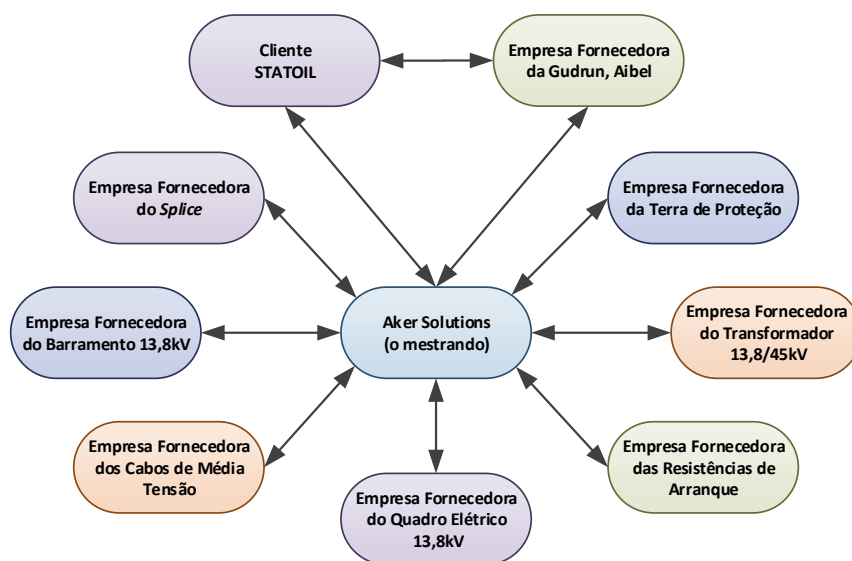


Figura 2.20: Interface entre empresas no projeto “Gudrun Tie-in to Sleipner A”

O processo de consultas ao mercado e análise de propostas dos equipamentos deram a conhecer características elétricas e mecânicas específicas dos diferentes equipamentos, os vários processos envolvidos no seu fabrico, metodologias a adotar em termos de instalação, relacionamento com os fornecedores e também gestão de processos de aquisição de equipamentos.

O CDC instalado no transformador 13,8/45kVA do projeto “Gudrun Tie-in to Sleipner A”, era um equipamento desconhecido pelo mestrando, até ao estudo realizado durante o desenvolvimento do projeto. Após contacto com fornecedores de CDC's, foi adquirido conhecimento teórico sobre o funcionamento dos CDC's apresentados pelos diferentes fornecedores, suas características mecânicas bem como vantagens e desvantagens referente ao projeto de cada um dos equipamentos.

2.4.4. Conclusões

Durante a realização das atividades no projeto “Tampen V&M” verificou-se que identificar todos os equipamentos sem exceção, é único processo de ter controlo sobre uma instalação com milhares de equipamentos onde múltiplas companhias contratadas podem fazer alterações. Um engenheiro *onshore*, quando encarregado de desenvolver alterações, tem de confiar na documentação existente, porque é a única fonte de informação que tem sobre o sistema que vai alterar, à exceção de ocasionalmente, se se justificar, poder ir *offshore* para inspecionar o sistema que vai alterar.

Foi também verificado no projeto “Tampen V&M”, que a experiência obtida na MGP foi relevante para desenvolver as atividades no projeto, porque o tipo de equipamentos, a configuração das redes elétricas nas instalações e a forma de pensar, aquando do desenvolvimento de alterações, é equivalente.

No projeto “Gudrun Tie-in to Sleipner A”, todos os cálculos referentes ao sistema elétrico, desde o barramento do quadro principal existente na Sleipner A até à rede elétrica da Gudrun, estiveram a cargo da empresa fornecedora da plataforma fixa Gudrun, por decisão do cliente. No entanto, todas as decisões tomadas em relação ao sistema de energia elétrica e equipamentos a instalar na plataforma Sleipner A, foram estudados e propostos ao cliente pelo mestrando, o responsável do sistema na Aker Solutions.

A tomada de decisões sobre a aquisição de equipamentos teve em conta, não só a disciplina responsável pela aquisição, que no caso dos equipamentos referidos em 2.4.2 foi a eletrotécnica, mas também outras disciplinas (mecânica, estruturas, etc.) bem como limitações de equipamentos existentes na plataforma (carga máxima suportada pelas gruas existentes, peso máximo a instalar estipulado pelo cliente, etc.). Referem-se as opções seguintes:

- Transformador 13,8/45kV – A limitação na carga máxima das gruas da plataforma foi o critério decisivo na escolha do fornecedor;
- Resistências de 5Ω – O peso e a área necessária para o transformador magnetizante unipolar era superior ao disponível. Nas plataformas, o peso e dimensões dos equipamentos é um fator de seleção muito importante. Quanto maior for o peso dos equipamentos instalados na plataforma, menor será a produção de petróleo e gás natural. Relativamente à dimensão dos equipamentos, porque as plataformas são instalações *offshore* com capacidade limitada, a escolha deverá ser por equipamentos de menores dimensões desde que tenham a mesma funcionalidade.

Os estudos iniciais efetuados para o projeto não tiveram em consideração estudos em desenvolvimento para futuras instalações, o que causou no início uma análise crítica ao estudo desenvolvido, de modo a confirmar se o que estava inicialmente previsto a ser instalado seria a melhor solução ou se causaria custos superiores num futuro próximo. Como exemplo desta análise crítica menciona-se a solução de instalar um quadro elétrico novo no

compartimento da Sleipner A. Esta solução possibilita alimentar outras plataformas no futuro, sem necessidade de alterações em grande escala, enquanto a solução inicial de instalar dois cubículos, ambos para alimentar a Gudrun, inutilizava o espaço no compartimento, sendo que os projetos futuros teriam de fazer alterações estruturais ou instalar um novo compartimento para alimentar futuras plataformas. Esta solução inicial teria os seguintes impactos negativos no futuro:

- Peso permanente na plataforma aumenta;
- Diminuição da capacidade de armazenamento do recurso natural;
- Menor produtividade;
- Menor retorno em termos monetários.

Este projeto apresentou alguns desafios, específicos:

- Transporte do transformador para a plataforma. Durante a fase de concurso as ofertas recebidas identificaram que o transformador estaria entre as vinte e duas toneladas e as quarenta e cinco toneladas. Como as gruas da plataforma podiam transportar cargas com um peso máximo de trinta e duas toneladas com uma ondulação máxima de dois metros, o peso do transformador transformou-se num dos requisitos para aceitação das propostas;
- Engenheiro responsável de concursos de aquisição. Nesta função foi confiada a responsabilidade de verificar que os requisitos da área eletrotécnica eram cumpridos pelo fornecedor, assim como todos os requisitos de outras disciplinas (segurança, estruturas, manutenção, instrumentação, telecomunicação, tubagem, etc.);
- Equipamentos desconhecidos. Alguns equipamentos não eram conhecidos pelo mestrando, tendo que estudar e aprender o seu funcionamento e características durante o decurso dos concursos de aquisição.

2.5. Talisman Energy

A Talisman Energy é uma operadora Canadiana, que engloba a exploração e produção de petróleo e gás natural, que também trabalha no setor Norueguês do Mar do Norte. A empresa tem participação nos campos intitulados “Veslefrikk” (27%) e “Brage” (33.84%), e é operadora dos campos “Varg” (65%), “Rev” (70%), “Yme” (60%), “Gyda” (61%) e “Blane” (18%) [43] .

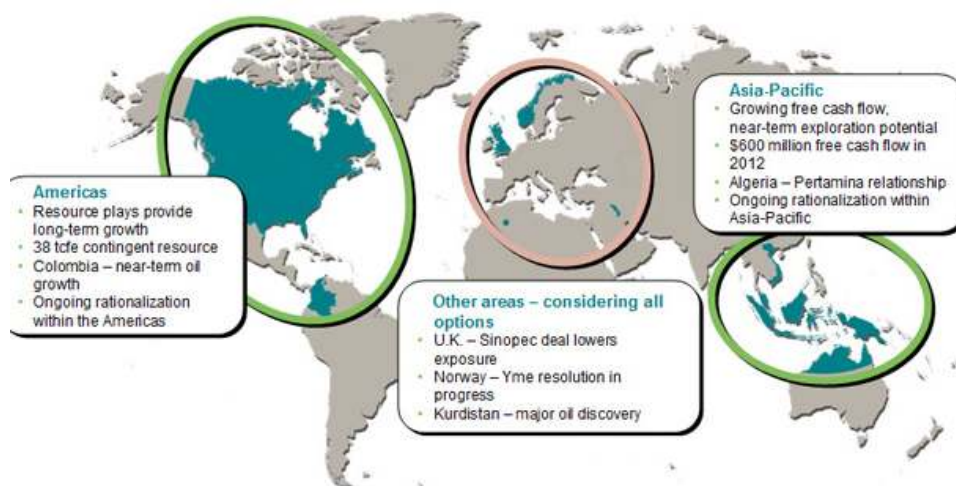


Figura 2.21: Localização global da Talisman Energy (extraído de [44])

Durante os oito meses de contrato com a Talisman (Anexo G), entre setembro de 2011 e maio de 2012, foram desenvolvidos trabalhos no projeto denominado “YME Re-Development”, com a responsabilidade de documentar o sistema de *Heat Tracing* de uma nova plataforma a ser instalada no campo “YME”.

2.5.1. YME Re-Development

O campo de petróleo “YME” foi descoberto em 1987 e desenvolvido e explorado pela operadora nacional da Noruega, a Statoil, entre 1996 e 2001. Devido aos baixos preços no mercado petrolífero, em 2001, o benefício esperado não compensava o custo da produção de petróleo neste campo tendo o mesmo sido “abandonado”.

Em 2007, a licença de exploração foi entregue à Talisman Energy Norge AS [45] e desde então o projeto “YME Re-Development” foi iniciado, que teve como objetivo projetar, construir e instalar no campo YME uma plataforma para retirar do campo o restante recurso natural existente nesse campo.

Uma plataforma autoelevatória foi projetada e construída, em Abu Dhabi, pela SBM Offshore, empresa que presta serviços no setor petrolífero a nível mundial. Esta plataforma depois de rebocada até à Noruega foi considerada inapta para instalação no Mar do Norte, porque não obedecer às normas NORSOK.



Figura 2.22: Plataforma autoelevatória “YME” (extraído de [45]).

A Talisman decidiu então proceder a alterações à plataforma autoelevatória, para que esta obedece-se às normas NORSOK.

Uma das falhas identificadas pela autoridade reguladora foi a falta de documentação do sistema *heat tracing*, que pudesse comprovar o seu funcionamento adequado. Assim, a atividade e responsabilidade do mestrando neste projeto foi, identificar, verificar, alterar, caso necessário, e documentar o sistema instalado.

2.5.1.1. *Heat Tracing* [46]

Como já foi referido, *heat tracing* é um sistema utilizado, por indústrias *onshore* e *offshore*, para garantir o fluxo de fluidos, assegurando a funcionalidade e operacionalidade das instalações em segurança. A Figura 2.23 mostra um sistema *heat tracing* instalado em um tubo com válvula.

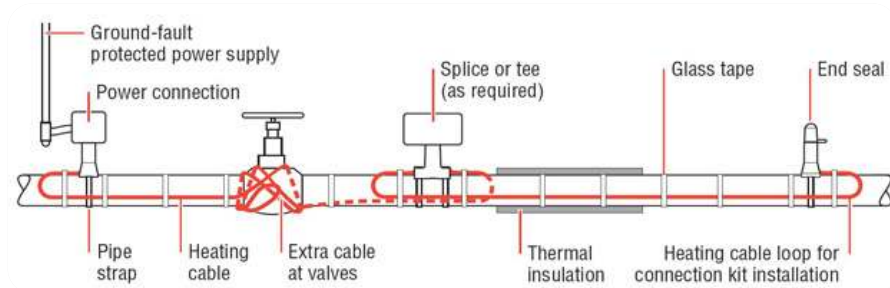


Figura 2.23: Sistema *Heat Tracing* (extraído de [47]).

Os fluidos como água, petróleo, químicos, etc., utilizados na indústria *offshore*, congelam a partir de uma determinada temperatura, o que significa que sem proteção seria impossível operar plataformas *offshore* em zonas do globo onde as temperaturas permanecem negativas durante parte do ano, como é o caso do Mar do Norte.

Uma organização Norueguesa publicou em 2000 um manual de *heat tracing*, intitulado “Trace Heating Guidelines in Industry and Offshore” (“Diretrizes de Rastreamento de Aquecimento em Indústria e Mar Alto”), baseado na informação recebida por parte de projetistas, instaladores e utilizadores de sistemas de *heat tracing*. Este apresenta diretrizes de como projetar, instalar e testar este tipo de sistema.

Para estudar um sistema de *heat tracing* é necessário ter em consideração os fatores seguintes:

- Localização do sistema: Identificar a classificação da área de risco da zona (tipo Zona 1, 2 ou não classificada), o tipo de gás que poderá estar presente na área (gás de grupo IIA, IIB ou IIC) e a classificação da temperatura da área.
- Corrosão: Verificar a probabilidade de o sistema poder ser afetado por materiais corrosivos, e escolher materiais compatíveis para o sistema.
- Criticalidade: Identificar o nível “crítico” do sistema *heat tracing* para o processo em que vai ser instalado (tipo C – crítico; tipo NC – não crítico).
- Precisão na temperatura: Cada fluido tem maior ou menor fluxo consoante a sua temperatura. Há tipos em que se deve manter o fluido acima de um valor (tipo I), outros em que a temperatura deve ser mantida numa determinada banda moderada (tipo II) e ainda outros em uma banda de temperatura mais restrita (tipo III).

A Tabela 2.3 mostra os tipos de processo, de acordo com a criticalidade e a precisão na temperatura:

Tabela 2.3: Tipos de Processo (extraído de [46]).

Tipos de Processo			
Aplicação	Precisão na Temperatura		
	Tipo I Acima de um valor	Tipo II Banda Moderada	Tipo III Banda restrita
Crítico (C)	C – I	C – II	C – III
Não Crítico (NC)	NC - I	NC - II	NC - III

O sistema elétrico de *heat tracing*, para funcionar, terá que ser revestido por um isolamento térmico, cuja seleção, instalação e manutenção deverá estar de acordo com a especificação, para que o sistema tenha as características técnicas convenientes. O isolamento térmico impede a transferência direta de calor entre a superfície onde está aplicado e o ambiente, reduzindo as perdas de energia e consequentemente os custos de operação e manutenção, aumentando assim a performance do sistema em que o *heat tracing* está instalado.

Para projetar um sistema de *heat tracing* é necessário verificar as perdas de calor, considerando as condições apresentadas e aplicando a relação seguinte:

$$q = \frac{(T_p - T_a)}{\frac{1}{\pi D_1 h_i} + \frac{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)}{2\pi K_1} + \frac{\ln\left(\frac{D_3}{D_2}\right)}{2\pi K_2} + \frac{1}{\pi D_3 h_{co}} + \frac{1}{\pi D_3 h_o}} \quad (2.1)$$

onde:

q – perda de calor por unidade de comprimento do tubo (W/m)

T_p – temperatura desejada (°C)

T_a – temperatura ambiente mínima (°C)

D_1 – diâmetro interior do isolamento interno (m)

D_2 – diâmetro exterior do isolamento interno (m)

D_3 – diâmetro exterior do isolamento exterior quando presente (m)

K_1 – condutividade térmica do isolamento interno avaliada de acordo com a temperatura média (W/m°K)

K_2 – condutividade térmica do isolamento externo, quando presente, avaliada de acordo com a temperatura média (W/m°K)

h_i – coeficiente de contacto de ar do tubo à superfície do isolamento interno (W/m2K)

h_{co} – coeficiente de contacto de ar da superfície do isolamento externo, quando presente, à barreira do tempo (W/m2K)

h_o – coeficiente de ar externo desde a barreira do tempo ao meio ambiente (W/m2K)

A equação (2.1) pode ser simplificada e apresentada na forma seguinte:

$$q = \frac{2\pi K_1(T_p - T_a)}{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)} \quad (2.2)$$

Como já referido, alguns fluidos necessitam de garantir uma determinada temperatura mínima para que mantenham um fluxo contínuo. O tempo para obter a temperatura desejada é calculado através de (2.3):

$$t = H \ln \left\{ \frac{q_c - U(T_i - T_a)}{q_c - U(T_f - T_a)} \right\} + \frac{P_1 V_{c1} h_f}{q_c - U(T_{SC} - T_a)} \quad (2.3)$$

onde:

q_c – energia dos cabos de aquecimento (W/m)

U – perda de calor por unidade de comprimento do tubo por grau Kelvin de temperatura (W/m²K)

T_i – temperatura inicial do tubo (°C)

T_f – temperatura final do fluido e do tubo (°C)

P_1 – densidade do fluido no tubo (kg/m³)

V_{c1} – volume interno do tubo (m³/m)

h_f – calor latente do fluido (J/kg)

T_{SC} – temperatura a que se altera o estado do fluido (W/m²K)

H – constante temporal térmica dada por:

$$H = \frac{P_1 V_{c1} C_{p1} + P_2 V_{c2} C_{p2} + 0,5 P_3 V_{c3} C_{p3}}{U} \quad (2.4)$$

onde:

C_{p1} – temperatura específica do fluido (J/kg²K)

P_2 – densidade do tubo (kg/m³)

V_{c2} – volume da parede do tubo (m³/m)

C_{p2} – calor específico do tubo (J/kg²K)

P_3 – densidade do isolamento térmico (kg/m³)

V_{c3} – volume da parede do isolamento térmico (m³/m)

C_{p3} – calor específico do isolamento térmico (J/kg²K)

Recomenda-se a aplicação de um coeficiente de segurança de 10 a 25%, para prevenir futuros problemas com a instalação devido a erros humanos e para compensar tolerâncias relacionadas com a eficiência do sistema de isolamento térmico, a tensão de alimentação e as características dos cabos de aquecimento.

A seleção do tipo de cabo de aquecimento é baseada nos fatores referidos, e na concordância com o *standard* CENELEC 50014 e 50019. Quanto à energia de choque, o IK adequado para as instalações *offshore* deve ser o requerido no IEEE515, ou seja, um IK de 10 correspondente a uma energia de choque de 13,6J.

2.5.2. *Competências Adquiridas*

No projeto “YME Re-Development” foram aprofundadas competências na área da gestão de projeto. Verificou-se que, algumas das decisões tomadas pelos gestores de projeto e pelos responsáveis da empresa puseram em causa a capacidade de operação da nova plataforma no Mar do Norte.

Os projetos internacionais devem ser sujeitos a mecanismos de controlo apertados, dadas as inúmeras condições que podem influenciar o seu resultado final. No caso do “YME Re-Development” os fatores decisivos que levaram ao cancelamento do projeto foram:

- Empresas contratadas para construir a plataforma não tinham conhecimento das normas pelas quais a plataforma se regia (normas NORSOK);
- Aprovação de sistemas, por parte das entidades classificadoras, sem estarem de acordo com as normas NORSOK;
- Cargos de gestão e de engenharia importantes, desempenhados por funcionários temporários;
- Aplicação de um prémio para garantir a permanência dos funcionários no projeto, por cada dia de trabalho neste, sem a respetiva medição de performance ou entrega de objetivos.

Estes fatores, entre outros, contribuíram para as perdas no valor de 497 milhões de dólares, registadas neste projeto, pela Talisman Energy no primeiro trimestre de 2012 [48]. A decisão de instalar a plataforma no Mar do Norte, sem que esta estivesse em condições para operar, encareceu significativamente o projeto [49] e levou a Talisman Energy a decidir vender as participações que tem no lado Norueguês do mar do Norte e deixar o setor petrolífero na Noruega [50].

2.5.3. Conclusões

O sistema *heat tracing* é um dos sistemas mais importantes de uma instalação situada em zonas expostas a temperaturas abaixo da temperatura de congelamento dos fluidos utilizados.

Apesar de se tratar de um sistema exclusivamente elétrico, depende de informação e características dos vários sistemas a que é aplicado, havendo assim, interligação com outras disciplinas, nomeadamente o dimensionamento dos cabos está dependente das características do isolamento, do material da tubagem e das características do fluido.

Também a documentação técnica da parte elétrica do sistema depende da documentação de outras áreas, como sejam os planos isométricos da tubagem, que identificam o percurso da tubagem, permitindo ao engenheiro eletrotécnico identificar e localizar as caixas de junção ao longo desse percurso.

O maior desafio neste projeto foi obter a colaboração da empresa SBM Offshore na remodelação da instalação, porque a partir do momento em que a plataforma foi considerada inapta, iniciaram-se processos jurídicos para apurar qual das empresas era responsável pelos problemas detetados pela entidade reguladora.

2.6. Aibel

A Aibel é uma empresa com cerca de seis mil empregados a nível mundial, localizada em oito cidades da Noruega e outros cinco países: Dinamarca, Egipto, Singapura, Tailândia e Reino Unido [51]. É uma empresa que fornece serviços relacionados com petróleo, gás natural e energias renováveis [52], concorrente direta da Aker Solutions.

Presentemente está envolvida em projetos referentes a trinta das setenta plataformas no setor Norueguês do Mar do Norte e tem como clientes, operadoras como a Statoil e a ConocoPhillips [53].

Um dos grandes projetos ganhos em 2010 pela Aibel foi a construção da plataforma Gudrun, a mesma plataforma mencionada no subcapítulo 2.4.2.

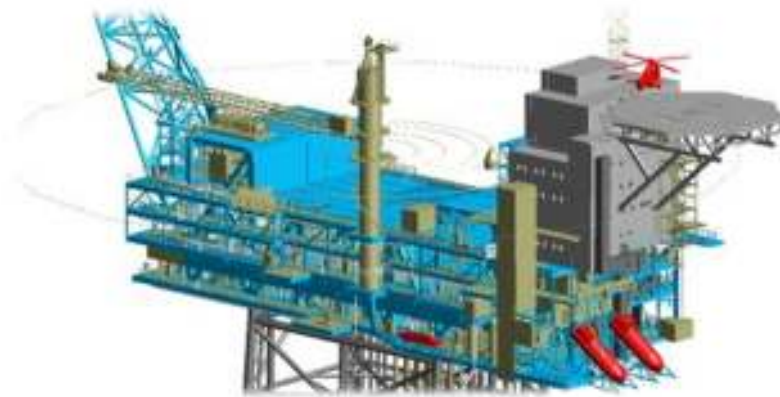


Figura 2.24: Plataforma Gudrun (extraído de [54]).

A atividade desempenhada na empresa pelo mestrando como engenheiro eletrotécnico sénior, entre junho de 2012 e março de 2013 (Anexo H), teve lugar no projeto intitulado “Norway Capital Project”, e teve como objetivo principal alterar sistemas de processo e controlo de plataformas do campo petrolífero “Ekofisk”, assim como a rede de energia elétrica por forma a fornecer energia a novas plataformas a instalar no campo. Este campo é operado pela ConocoPhillips, a maior companhia independente de exploração e produção de petróleo e gás natural do mundo [55] .

2.6.1. Norway Capital Project

Em 2009, a ConocoPhillips atribuiu à Aibel um contrato de Engenharia, Aquisição, Construção e Instalação (EPCI), nas instalações do campo petrolífero “Ekofisk”, conhecido como “Norway Capital Project”. Em 2010, a Aibel ganhou o concurso para instalação de duas novas plataformas, uma de processo (“EKOZ”) e outra de alojamentos (“EKOL”), inserido no contrato acima referido (EPCI) [56]. Na Figura 2.25 podem ser visualizados os campos petrolíferos “Ekofisk”, “Eldfisk”, “Tor” e “Embla”, onde as estruturas a azul no campo “Ekofisk” representam as duas plataformas a ser instaladas em 2013, a “EKOZ” e a “EKOL”.

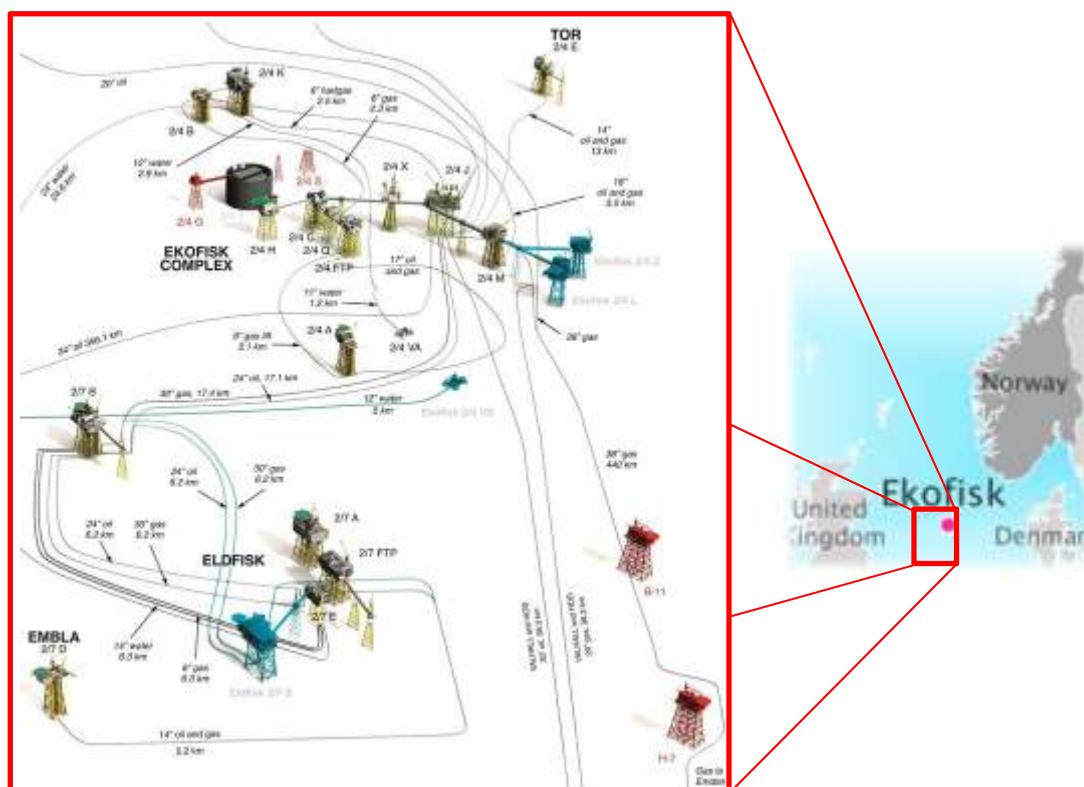


Figura 2.25: Complexos Petrolíferos Ekofisk, Eldfisk, Embla e Tor (extraído de [57] e de [58]).

O complexo Ekofisk é constituído por onze plataformas designadas de EKO A, EKO B, EKO C, EKO FTP, EKO H, EKO J, EKO K, EKO M, EKO Q e EKO X. O mestrando esteve apenas envolvido nas alterações necessárias nas plataformas EKO M e EKO J.

As plataformas EKO Z e EKO L foram ligadas à EKO M por meio de duas pontes, e irão receber energia da última.

2.6.1.1. Modificações à EKOZ

Este projeto já estava em fase de instalação à data do início do contrato, e tinha como objetivo fazer um *tie-in* entre a nova plataforma EKOZ e as plataformas existentes no campo Ekofisk, mais especificamente à plataforma EKOM.

Os trabalhos que fizeram parte das atividades desenvolvidas neste projeto foram:

- Novo *Deluge Skid*;
- Fonte de Alimentação para EKOZ;
- *Multi-cable Transits* (MCT's) para cabos baixa tensão (BT);
- Sinalização da Plataforma;
- *Central Control Room* (CCR);

Os parágrafos seguintes apresentam uma breve descrição dos trabalhos indicados.

A. Novo Deluge Skid

Com a instalação de duas novas plataformas no complexo Ekofisk foi necessário aumentar a capacidade do sistema de combate a incêndios.

Um dos sistemas utilizados pelo setor, de acordo com [59], é o sistema *deluge* (dilúvio). A designação deve-se à quantidade de água fornecida pelo sistema quando é ativado.

Este sistema tem apenas um consumidor elétrico, um aquecedor de armário que se destina a manter o sistema acima dos 5°C e para o qual se identificou o seu circuito de alimentação.

B. Fonte de Alimentação para EKOZ

A nova plataforma EKOZ necessitou de uma alimentação de 153A do sistema elétrico principal (a 13,8kV AC) da plataforma EKOM, e de uma segunda alimentação de 1468A do sistema essencial (a 690V AC) da EKOM.

Quando este projeto passou a fazer parte das atividades a desenvolver pelo mestrando, o estudo, aquisição e engenharia do sistema já tinham sido realizados, bem como a respetiva instalação *offshore*. Assim, seria apenas necessário esclarecer as questões postas pelos instaladores.

Foi identificada e requisitada pelo cliente uma alteração dos transformadores de corrente (TI's), dimensionados até então, de tal forma que o sistema não comportaria um aumento significativo do consumo de energia da plataforma EKOZ no futuro. Os TI's instalados eram de 200/5A, mas os cabos de alimentação da EKOZ, do tipo e secção RFOU 2x3x150mm², suportavam 544A [60]. Por esta razão, à responsabilidade do mestrando foram adquiridos e instalados novos TI's de 500/5A, substituindo os TI's de 200/5A.

C. MCT's para cabos de BT

Quando foram efetuados os estudos, o projeto de detalhe e o caderno de encargos referente à instalação dos cabos de alimentação do sistema essencial de 690V AC, não foram consideradas as passagens de cabos entre compartimentos de diferentes classificações, conforme a certificação e classificação ATEX [61], equipamentos denominados de “Multi-cable Transit” (MCT). Como responsável técnico pelas alterações da instalação elétrica na EKOM, o mestrando estudou e apresentou ao cliente a solução abaixo descrita, que foi aceite e instalada num curto espaço de tempo.

Os MCT's têm como principal função proteger equipamentos e instalações do fogo, explosões, inundações e de outros potenciais perigos como fugas de gás.

O sistema essencial de 690V AC é alimentado por quinze cabos em paralelo, do tipo RFOU de 1x150mm², sendo cada fase alimentada por cinco cabos em paralelo por forma a comportar a corrente necessária de 1468A identificada anteriormente.

O caminho de cabos onde os referidos cabos foram instalados passam de compartimento com risco de explosão, para outro onde não há probabilidade de ocorrer mistura explosiva de ar/gás, o compartimento do quadro elétrico. De acordo com o espaço disponível, o número de cabos e o fornecedor escolhido, foi instalado um MCT do tipo GHM 6x3 [62], utilizado em ambientes explosivos, onde não é permitido soldar, sendo a sua fixação feita com parafusos.

Um MCT completo é constituído pelos seguintes equipamentos (ver também Figura 2.26):

- Moldura: depende do número de cabos a instalar e sua dimensão, da classificação dos compartimentos que a estrutura separa e do tipo de material da estrutura (alumínio, aço inoxidável, etc.);
- Blocos: são módulos de vedação por onde passam os equipamentos (cabos e/ou tubagem) que têm de transpor a estrutura de um compartimento para outro;
- Placas de Fixação: equipamento que permite uma compressão uniforme dos blocos na mesma linha;
- Cunha: equipamento que faz compressão dos blocos por forma a manter estanque o MCT.



Figura 2.26: Equipamentos de um MCT (extraído de [63]).

É disponibilizado pela empresa fornecedora do equipamento, a Roxtec, um *software* que auxilia o cliente na identificação do equipamento e acessórios necessários à instalação, e os resultados são apresentados na Figura 2.27 e no parágrafo seguinte.

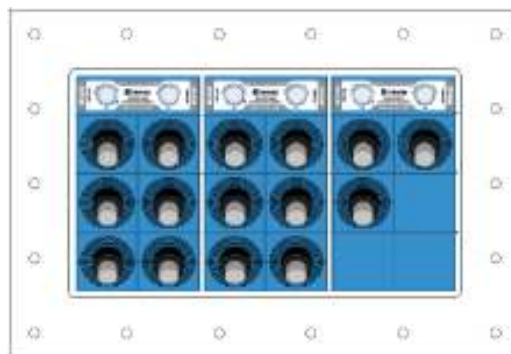


Figura 2.27: MCT GHM 6x3.

Foram necessários, para preencher a moldura, quinze blocos de tipo RM 60 e três blocos simples (estes têm como objetivo preencher os espaços vazios da moldura que não são necessários), nove placas de fixação e três cunhas.

Existem duas características importantes na definição e instalação de MCT's em plataformas, uma a nível elétrico e outra a nível mecânico, que são reguladas pelo *standard* NORSOK E-001 [64]:

- **Caraterística Elétrica**

Entre cada fila de blocos é instalada uma placa de fixação e nesta instalação, devido à existência de cabos monofásicos em um sistema trifásico, essas placas deverão ser de material não ferromagnético, para que não se verifiquem correntes induzidas (correntes de Foucault) em material condutor pelos cabos monofásicos.

- **Caraterística Mecânica**

Como o equipamento será instalado em ambiente marítimo é fundamental utilizar material resistente à corrosão, pelo que todos os MCT's instalados em plataformas no setor Norueguês são de aço inoxidável, bem como os respetivos parafusos.

D. Sinalização da Plataforma

As plataformas são identificadas por um painel de grandes dimensões, com a inscrição do seu nome ou código da plataforma.

No início do projeto, o painel existente na EKOM teve de ser retirado do seu local, pois colidia com a instalação de outros equipamentos fundamentais para a instalação da ponte de acesso à futura plataforma EKOZ. Quando a instalação das estruturas principais foi concluída, identificou-se a nova localização do painel na plataforma, e instalaram-se estruturas de suporte e equipamentos secundários na nova localização.

Um estudo foi desenvolvido por um engenheiro eletrotécnico júnior, e verificado pelo mestrando. Após o estudo ser aprovado pelo mestrando, foi apresentado ao cliente o qual o aceitou. O mestrando teve a responsabilidade de toda a atividade desenvolvida pelo engenheiro eletrotécnico júnior assim como a instalação dos novos equipamentos elétricos seguintes:

- Dois projetores de 150W, com sistema LED;
- Duas armaduras de iluminação para exterior, sendo uma delas equipada com bateria;
- Cabo elétrico tipo RFOU para alimentação dos projetores e das armaduras.

Os novos equipamentos elétricos foram ligados a circuitos existentes na zona, onde havia disponível um circuito de iluminação normal, um de emergência, e um circuito para os projetores. Foram realizados os cálculos necessários à verificação da queda de tensão e da proteção dos circuitos.

E. Central Control Room (CCR)

O CCR está situado na plataforma EKOM, de onde é realizado o comando operacional de todos os sistemas das plataformas do campo Ekofisk (sistemas de alarmes, processo, produção de energia, etc). Todos os sistemas são monitorizados vinte e quatro horas por dia, quer sejam sistemas de produção e armazenamento de petróleo e gás natural, de alarmes, de geração de energia ou outros.

Neste projeto foi necessário fazer uma atualização do sistema de comando e controlo no CCR, de modo a incorporar a monitorização de todos os sistemas das novas plataformas, EKOZ e EKOL.

Ter o CCR fora de serviço corresponde a dizer que o complexo Ekofisk não pode laborar. Não haveria produção e a maioria dos trabalhadores não poderia estar presente no complexo, pois não seria possível cumprir as regras mínimas de segurança e higiene no trabalho, o que se traduziria em custos financeiros na ordem dos milhões de euros.

Por este fato, o CCR não pode estar fora de serviço durante os trabalhos de atualização do sistema de comando e controlo, logo foi necessário instalar um CCR temporário que só entraria em serviço quando todos os sistemas de comando e controlo estivessem operacionais.

Este projeto foi efetuado em várias fases, numa primeira fase foi selecionado o compartimento que serviria de CCR temporário, onde seriam instalados todos os equipamentos necessários ao controlo e monitorização temporária do complexo. Na segunda fase procedeu-se à instalação dos equipamentos essenciais e verificação de que todos os sistemas estavam em funcionamento. Só após o CCR temporário estar a funcionar em perfeitas condições, foram desmontados todos os equipamentos do CCR e posteriormente instalado o novo sistema de comando e controlo do complexo Ekofisk no CCR. Após condução e aprovação de testes exaustivos deste, foi iniciada a última fase do trabalho que consistiu na desmontagem de todos os equipamentos do CCR temporário e alteração do respetivo compartimento para sala de conferências.

Neste projeto, a responsabilidade e intervenção do mestrandu desenvolveu-se na identificação de todos os consumidores de ambos os compartimentos, o CCR temporário e o CCR permanente, e instalação dos circuitos de tomadas de 230V AC, para um número de tomadas equivalentes ao número de consumidores e mais 20% de tomadas extras.

Devido à importância dos sistemas integrados no CCR, todos os equipamentos necessitaram de duas fontes de alimentação de emergência cada, uma principal e outra secundária. Foram estudadas, e apresentadas ao cliente duas soluções relativamente ao tipo de comutação da fonte de alimentação, uma automática e uma manual, sendo que a opção tomada pelo cliente foi pelo tipo manual, devido ao fato de cada sistema no CCR ser controlado por dois operadores cada. Houve, no entanto, o cuidado de separar a alimentação primária dos equipamentos controlados por dois operadores de sistemas,

com o objetivo de que em caso de falha na alimentação primária dos equipamentos de um dos operadores, os sistemas continuariam a ser controlados pelo segundo operador, enquanto o primeiro faria a comutação para a fonte de alimentação secundária para alimentar os seus equipamentos.

Não se considera que a opção tomada pelo cliente seja a mais vantajosa para o sistema, pois pode possibilitar o erro humano. Analisemos o caso seguinte: se falhar um dos sistemas de alimentação, um dos operadores comutará a alimentação dos seus equipamentos para a fonte de alimentação secundária, mas como o quadro elétrico que alimenta esta fonte é o mesmo que alimenta a fonte primária do segundo operador, pode acontecer que, caso o primeiro operador se esqueça de comutar novamente para a alimentação primária quando esta estiver operacional, se a secundária falhar então ambos perdem alimentação dos seus equipamentos, deixando de haver controlo sobre os sistemas durante o período de tempo correspondente ao reinício do sistema de comando e controlo no CCR.

2.6.2. Competências Adquiridas

Quando o mestrando recebeu a responsabilidade dos projetos anteriormente referidos, a fase de *detail engineering*, a execução dos cadernos de encargos para instalação dos equipamentos dos novos sistemas bem como a instalação de alguns dos sistemas já haviam sido executados. Excetua-se o projeto referido em 2.6.1.1.E, onde o trabalho desenvolvido foi equivalente ao realizado no projeto “Tampen V&M” descrito em 2.4.1.3 (alteração da cozinha da Statfjord A).

Não se pode considerar que os trabalhos desenvolvidos durante o contrato com Aibel tivessem desenvolvido competências adicionais, mas os conhecimentos e experiência anteriormente adquirida no projeto “Gudrun Tie-in to Sleipner A” na Aker Solutions, foram uma maior valia para a compreensão do projeto e desempenho na fase da sua instalação, permitindo superar algumas dificuldades encontradas durante a execução das modificações.

Durante a realização das atividades neste projeto o mestrando recebeu a responsabilidade de identificar atividades que um engenheiro eletrotécnico júnior poderia desenvolver para iniciar a sua carreira no setor. Foi identificado que o trabalho referido em 2.6.1.1.D seria o ideal. Durante o desenvolvimento deste o mestrando iniciou as suas competências de mentor no setor petrolífero, que, como já foi indicado no subcapítulo 2.4.1.1, é o processo de integração de novos funcionários na generalidade das empresas da Noruega.

2.6.3. Conclusões

As atividades realizadas na Aibel não trouxeram grandes desafios adicionais para o mestrando visto que todos os trabalhos realizados no projeto foram equivalentes a outras atividades realizadas em projetos anteriores. Na Figura 2.28 pode visualizar a equivalência entre as atividades desenvolvidas na Aibel e as atividades desenvolvidas na Aker Solutions:

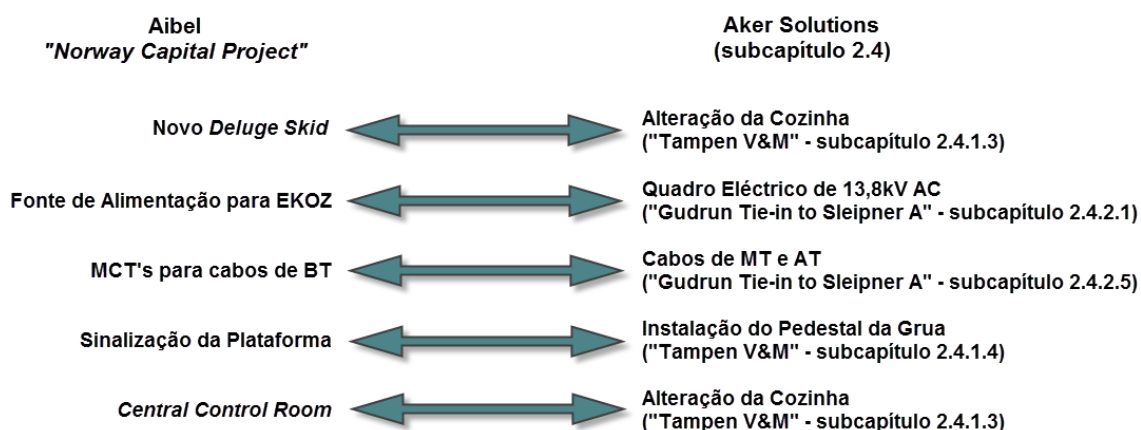


Figura 2.28: Equivalências entre atividades desenvolvidas.

O maior desafio enfrentado pelo mestrando neste projeto deu-se quando o colega que entregou as suas atividades ao mestrando, por este não o ter efetuado com a antecedência devida, para que o último pudesse tomar conhecimento das atividades antes do colega sair do projeto. Durante a instalação de algumas atividades, o pessoal *offshore* fez questões sobre decisões efetuadas no início do projeto que apenas o antecessor poderia responder. Se o mestrando tivesse tido a oportunidade de analisar os trabalhos com alguma antecedência, talvez as questões tivessem sido clarificadas na altura da entrega das atividades. Este desafio leva a concluir que é necessário planeamento de entrega de trabalho entre colegas e que esta deve ser sempre acautelada e monitorizada pela empresa e seus gestores de projeto.

O desafio acima descrito foi ultrapassado com a ajuda da equipa que se encontrava no projeto e com o apoio do líder da disciplina que tinha alguma informação. Quando a equipa ou o líder de disciplina não tinham a informação necessária, o mestrando estudou o caso e resolveu as situações de acordo com a sua experiência desenvolvida em projetos anteriores.

Capítulo 3 – Desafios Atuais

3.1. Introdução

No presente capítulo serão descritas as atividades desenvolvidas na North Atlantic Drilling (NAD) até novembro de 2013, como líder das disciplinas de eletrotecnia e instrumentação, posição intitulada de *E&I Package Owner Lead* em trabalhos desenvolvidos para o projeto intitulado “Winterisation”. No cronograma seguinte é evidenciado o período a que se refere a atividade descrita neste capítulo e no Anexo I poderá ser verificado o contrato, mas a posição referida no contrato está desatualizada.

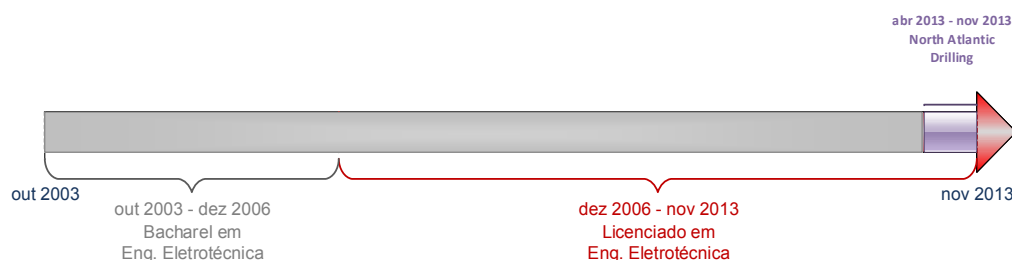


Figura 3.1: Cronograma da carreira profissional na Noruega (Abril a Novembro 2013).

A NAD é uma empresa líder na perfuração *offshore* em ambientes severos, com o objetivo de ser o principal parceiro dos seus clientes para disponibilizar petróleo e gás natural de uma forma segura e rentável. É uma empresa que possui uma frota de sete instalações capazes de operar em ambientes severos, frota esta que irá aumentar em duas unidades que se encontram em fase de construção. A NAD é uma subsidiária detida a 74% pela Seadrill Limited [65], que é uma empresa internacional de perfuração em águas profundas presente em todos os continentes, com exceção da Antártida.



Figura 3.2: Presença internacional da Seadrill Ltd. (extraído de [66]).

A NAD assegurou um contrato no valor de 410 milhões de dólares [67] por um período de dois anos com a ExxonMobil, onde esta aluga o semissubmersível de perfuração West Alpha com o objetivo de continuar a perfuração no campo petrolífero Balder e iniciar perfuração no mar de Kara no período de julho a outubro de 2014 e 2015 (janela temporal que permite que a West Alpha opere no mar de Kara dadas as condições meteorológicas). Este projeto pode-se tornar no início da exploração de petróleo e gás natural no círculo polar ártico.

3.2. Semissubmersível West Alpha

A West Alpha é uma plataforma semissubmersível de perfuração que é alugada pela NAD a operadores de petróleo e gás natural, para operações de perfuração *offshore*. No presente projeto a plataforma foi alugada pela ExxonMobil.

A plataforma West Alpha foi construída em 1986 no Japão para operar em ambientes severos até -20°C de temperatura, e é classificada pela Det Norske Veritas (DNV) [68] a cada cinco anos, de acordo com os regulamentos internacionais por forma a poder operar.



Figura 3.3: Plataforma Semissubmersível West Alpha (extraído de [69]).

Para melhor compreensão do trabalho desenvolvido no projeto, é necessário primeiro explicar a constituição do sistema elétrico da West Alpha no início do projeto, e apresentar os objetivos do último, dando foco à área eletrotécnica. Esta apresentação é efetuada no subcapítulo seguinte.

3.3. Sistema Elétrico da West Alpha

A plataforma West Alpha tem um sistema elétrico dividido por bordos, estibordo e bombordo. Cada quadro elétrico tem dois barramentos que estão interligados por um disjuntor de ligação que em situação normal está fechado, abrindo quando um problema acontece com o sistema elétrico de um dos bordos ou quando é necessária manutenção.

Cada bordo é alimentado por três geradores de 2100kW cada a 6000V, correspondendo a um total de 12,6MW que produzem energia para uma rede que tem aproximadamente 29,5MW de consumidores.

De acordo com a Tabela 3.1 é possível identificar e analisar os consumidores instalados na plataforma que mais influenciam a rede em termos de consumo e qualidade de energia.

Tabela 3.1: Consumidores principais da West Alpha.

Descrição	Qtd.	Tensão [V]	AC/DC	Potência [kW]	Retificador	Consequência na Rede
Motores de Propulsão	4	6000	AC	1800	Não	Consomem 57% da energia produzida se operados a 100%
Motores das Bombas do Fluido de Perfuração	6	730	DC	746	Tirístores	Diminuem a qualidade da energia na rede quando em funcionamento e consomem 55% mais que a energia produzida se utilizados simultaneamente a 100%.
Motores do Cimento	2	730	DC	746	Tirístores	
Motores das Âncoras	4	730	DC	746	Tirístores	
Motores do <i>Drawworks</i>	3	730	DC	746	Tirístores	
Motor do <i>Rotary Table</i>	1	730	DC	746	Tirístores	
Motor do <i>Top Drive</i>	1	730	DC	746	Tirístores	

O quadro elétrico de 660V AC fornece energia a dezassete retificadores trifásicos de tirístores que controlam motores de corrente contínua de 746kW. Em cada circuito deste quadro elétrico existem dois tipos de equipamentos que diminuem o fator de potência: os retificadores trifásicos de tirístores no momento em que a voltagem à saída do retificador é baixa [70], o que acontece quando o motor de corrente contínua está em funcionamento em baixa rotação; e os motores que necessitam de potência reativa para manter o campo eletromagnético [71]. Presentemente não existe um equipamento que compense a potência reativa na rede.

A Figura 3.4 representa, de forma simplificada, a rede de distribuição desde a produção de energia até aos quadros elétricos de 440V AC.

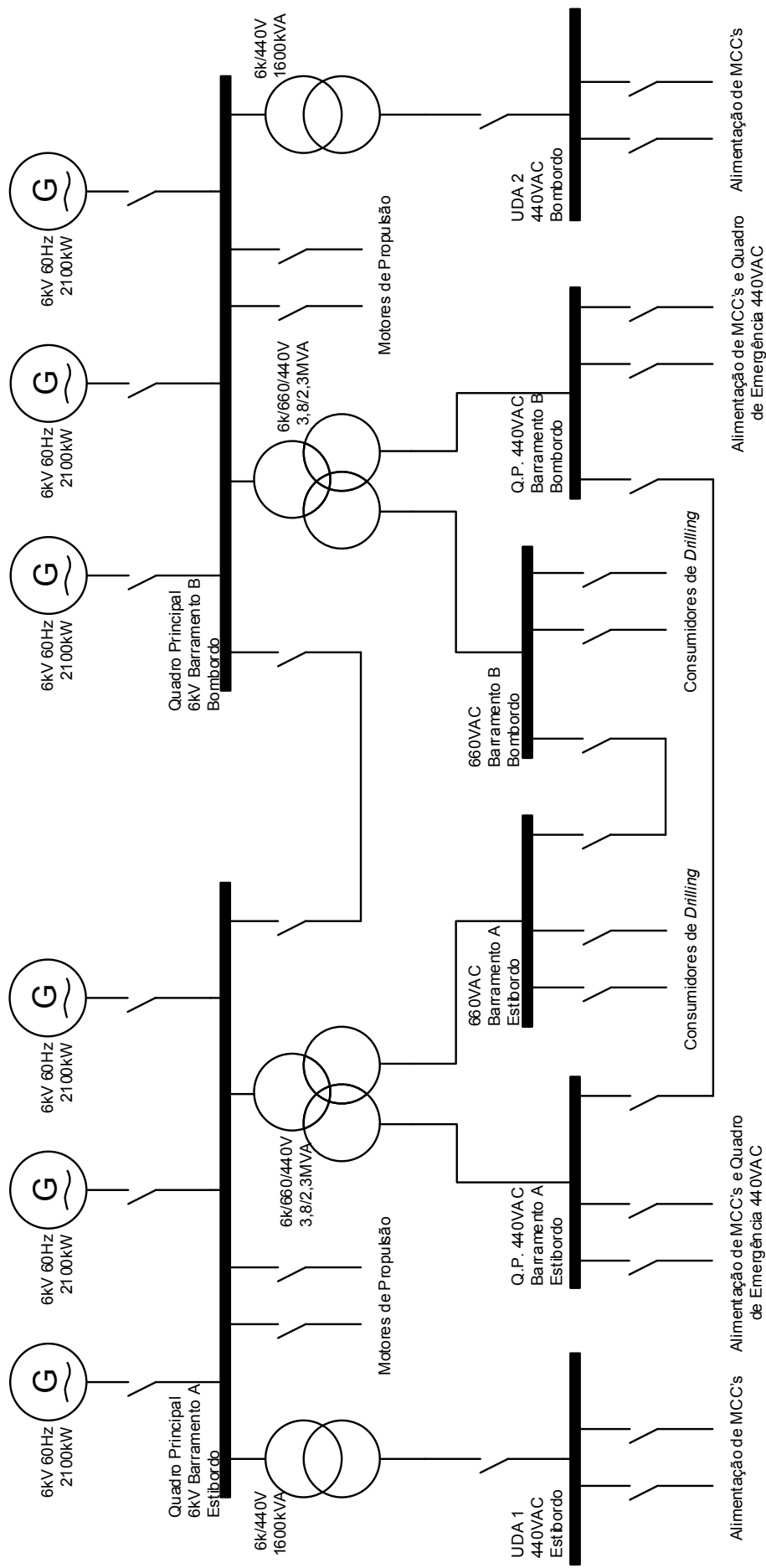


Figura 3.4: Rede de Produção e Distribuição de Energia da West Alpha.

Desde 1986 a plataforma sofreu alterações que influenciaram o seu balanço elétrico, mas este nunca foi atualizado de acordo com as alterações, o mesmo acontecendo com outra documentação do sistema elétrico (lista de consumidores dos quadro elétricos, esquemas unifilares, planos elétricos da plataforma onde são representados quais equipamentos elétricos existem em cada área, etc.), o que torna impossível ter controlo sobre o sistema elétrico da plataforma. Este passou a ser o maior desafio encontrado pela equipa da área elétrica do projeto liderada pelo mestrando, ter controlo sobre os sistemas elétricos da West Alpha.

Uma das formas utilizadas por aferir o nível de controlo sobre a informação dos equipamentos instalados em uma plataforma é através quantidade de *tag numbers* que existem no programa de manutenção. É esperado que uma plataforma da dimensão da West Alpha tenha no mínimo trinta mil *tag numbers*, a West Alpha tem menos de três mil.

O projeto “Winterisation” tem como principal objetivo preparar a West Alpha para operar numa localização onde nunca foram feitas operações de perfuração *offshore*; no mar de Kara que faz parte do Oceano Ártico, a norte da Sibéria [72]. Na Figura 3.5 pode ser visualizada a localização do mar de Kara.



Figura 3.5: Localização do mar de Kara (extraído de [73]).

No período em que as operações serão efetuadas no mar de Kara as temperaturas poderão descer até -20°C e, apesar de a plataforma ser certificada para operar nessas temperaturas desde 1986, é necessário fazer uma verificação de todos os sistemas existentes e instalar novos sistemas e equipamentos que tornarão possível operar nas condições adversas do mar de Kara. Proteções contra abalroamento de icebergs, rede de proteção da linha de perfuração e sistema de aquecimento das zonas por meios de vapor, são alguns dos exemplos destes novos sistemas e equipamentos, que no seu total, poderão aumentar o consumo de energia da plataforma consideravelmente.

Na área eletrotécnica, o objetivo é equipar a plataforma com energia e circuitos suficientes para fornecer energia aos novos consumidores, entre o quais:

- Ventoinhas de aquecimento por vapor;
- Aquecimento de vias de evacuação e vias essenciais para as operações de perfuração;
- Outros equipamentos elétricos de aquecimento;
- Motores para sistemas de evacuação marítimos;
- Iluminação;
- Etc.

No subcapítulo seguinte são descritas em pormenor as atividades exercidas no projeto (Anexo J).

3.4. Projeto “Winterisation” – Área Eletrotécnica

Numa primeira avaliação à plataforma verificou-se que grande parte dos sistemas de aquecimento, entre outros, não cumpriam os requisitos necessários do projeto, e alguns deles tinham visto parte do sistema desmontado. Foi decidido então efetuar alterações a estes sistemas, de forma a estarem operacionais para as operações no mar de Kara. Os sistemas identificados foram:

- Sistema de Iluminação;
- Sistema de registo de equipamentos EX;
- Sistema de *Heat Tracing*;
- Sistema de Aquecimento por Vapor;
- Sistema de Guincho das Âncoras;
- Aquecimento de interiores.

Por razões de segurança no ambiente de trabalho, foram também identificados outros sistemas onde seria necessário proceder a alterações:

- Aquecimento nas vias de evacuação;
- Aquecimento nas vias essenciais (vias usadas em operações de *drilling*);
- Abrigo nas áreas das embarcações salva-vidas;
- Proteção contra vento no convés e na torre de perfuração;

Para cumprir as alterações mencionadas, foram identificadas, no início do projeto, os seguintes objetivos de trabalho na área eletrotécnica:

- Instalação de um gerador temporário e rede de distribuição permanente;
- Instalação de aquecimento nas vias essenciais e de evacuação;
- Instalação de abrigos nos guinchos das âncoras;
- Instalação de aquecimento a vapor;
- Instalação de novo sistema de *heat tracing* em equipamentos novos;
- Melhoramento do aquecimento de cabines;
- Melhoramento do sistema de iluminação no exterior da West Alpha.

Nos pontos seguintes será explicado em pormenor cada um dos objetivos de trabalho acima indicados; as alterações efetuadas a estes na sequência de estudos desenvolvidos e as modificações necessárias a outros sistemas em consequência das alterações aos sistemas acima mencionados, de forma a atingir os objetivos. São também apresentados os trabalhos práticos já desenvolvidos.

3.4.1. Gerador Temporário e Rede de Distribuição

No contrato assinado com o cliente ExxonMobil, era previsto a instalação de um gerador temporário e uma rede elétrica permanente, para alimentar os novos consumidores a instalar para as operações no mar de Kara. A decisão de instalar o gerador temporário foi motivada pelo fato de não existir controlo do consumo total de potência ativa na West Alpha, visto que o balanço de cargas existente reportava a 1986, e a sua posterior atualização não tinha data de alteração; e também pelo fato de o número de circuitos disponíveis nos quadros elétricos serem insuficientes.

No início do projeto, detetaram-se e comprovaram-se inúmeras irregularidades:

- Documentação do sistema elétrico existir apenas em formato não editável, tornando a sua atualização difícil de concretizar;
- Registo incorreto de alterações efetuadas nos diferentes sistemas existentes na West Alpha que necessitam de energia elétrica;
- Alteração dos consumidores ao nível dos quadros elétricos sem o correspondente registo em documentação própria;
- Substituição de motores por outros de características elétricas diferentes, sem o respetivo registo na documentação;
- Inexistência de registo dos sistemas retirados da instalação.

Dado a reduzida fiabilidade da documentação existente, para ser possível tomar uma decisão sobre a necessidade de um gerador temporário e fazer uma atualização do balanço de cargas, foi decidido efetuar o seguinte:

1. Implementação de listas de consumidores relativos aos quadros elétricos de 6kV, 660V AC e 440V AC, de acordo com a instalação;
2. Medição em períodos distintos dos consumos nos primários de todos os transformadores 440/220V AC instalados, e realização do cálculo do consumo médio dos utilizadores de 220V AC, de modo a obter um valor aproximado para o balanço de cargas;
3. Estimativa dos novos consumidores do projeto "Winterisation";
4. Atualização do balanço de cargas da plataforma West Alpha.

Os procedimentos tomados pelo mestrando para a implementação destas decisões serão objeto de análise nos subcapítulos 3.4.1.1, 3.4.1.2, 3.4.1.3 e 3.4.1.4.

3.4.1.1. Nova Documentação

Como referido, no início do projeto verificou-se terem sido efetuadas muitas alterações na rede de energia da West Alpha sem a respetiva atualização da documentação, como sejam, instalação e anulação de consumidores, modificações nos quadros elétricos e sistemas inutilizados e/ou retirados. Foi então necessário solicitar o serviço de uma empresa externa para verificar se a informação de novos documentos desenvolvidos pelo mestrando para todos os quadros elétricos (6kV, 660V AC e 440V AC), refletia os consumidores instalados e conectados aos circuitos dos quadros elétricos. Esta documentação foi intitulada de “Lista de Consumidores Elétricos”.

Os quadros elétricos de 220V AC não foram incluídos por razões temporais e porque o consumo dos utilizadores de 220V AC poderia ser verificado no primário dos transformadores 440/220V AC em diferentes momentos de operações, e assim incluir uma estimativa do seu consumo no balanço de cargas. Este tipo de procedimento não se adequava aos consumidores de 440V AC, porque estes são de maior potência e podem alterar de forma significativa o balanço de cargas.

Dado ter-se implementado nova documentação para equipamentos existentes, o mestrando sentiu a necessidade de fazer um levantamento de toda a informação previamente existente, e incluí-la nos novos documentos, por forma a estes possuírem toda a informação existente. Os novos documentos foram emitidos para a empresa contratada, de modo a que esta pudesse verificar a informação de acordo com os equipamentos instalados na plataforma. Posteriormente os eletricitas de bordo verificaram as alterações efetuadas pela empresa contratada. Após verificação por parte dos eletricitas, estavam reunidas as condições para o técnico responsável da West Alpha fazer uma verificação final e enviar para o projeto todas as alterações efetuadas, de modo a serem implementadas na documentação, com a responsabilização dos diferentes intervenientes, pela informação incluída nos novos documentos.

As tabelas seguintes (Tabela 3.2, Tabela 3.3 e Tabela 3.4), apresentadas em inglês (língua oficial da NAD para toda a documentação), permitem visualizar as três fases do processo acima referido, em um dos documentos desenvolvidos.

Tabela 3.2: Lista de Consumidores do Quadro de EMCC Estibordo (desenvolvido pelo mestreando e enviado para a empresa contratada).

WEST ALPHA 2040-572943-008, Rev. 01										ELI ELECTRICAL CONSUMER LIST EMCC-A BUS A										NORTH ALBERTA ELECTRIC									
Circuit Number	MCC Breaker			Breaker Type	Tag Number	Area	Description	S (MVA)	Pa (kW)	Un (V)	F (Hz)	Switch	Tag Number	Type (per 1.1)	Size (mm ²)	Remarks	Picture Taken?	Thermal Rating Type	Rated Motor Current	VFD	Feederable a class	BX CERTIFIC A 16							
	Type (per 1.1)	Max. Rating (A)	Rating (A)																										
M1A			3Ph				Consumers					440	M1A	H-TPCY/F	2x3x120														
M1A1	TO-600B	600	600	3Ph	DOL	813-FM-004	Y003 MAIN FAN RMP NO.1		260	440			M1A1	H-TPCY/F	2x3x120														
M1A2	TL-400E	400	350	3Ph	DOL	721-FM-016	Y003 MAIN SW COOLING RMP NO.1		125	440			M1A2	H-TPCY/F	3x120														
M1A3	TL-100E	100	50	3Ph	DOL	721-FM-014	M001 SW COOLING RMP FOR GENNO.3		11	440			M1A3	H-TPCY/F	3x4														
M1A4	TL-225E	225	175	3Ph	DOL	801-FM-004	Y003 BALLAST RMP NO.1		75	440			M1A4	H-TPCY/F	3x50														
M1A5	TL-100E	100	75	3Ph	DOL	801-FM-007	Y003 MAIN FAN RMP		22	440			M1A5	H-TPCY/F	3x16														
M1A6	TL-400E	400	350	3Ph	DOL	732-FM-001	Z003 HES AR COMPRESSOR UNIT NO.3		124	440			M1A6	H-TPCY/F	3x120														
M1A7	TL-100E	100	15	3Ph	DOL	703-FM-009	N001 D.O. EMCY BOOSTER RMP 3.260H NO.3		0.84	440			703P-0003	H-TPCY/F	3x1.5														
M1A8	TL-100E	100	15	3Ph	DOL	703-FM-010	N001 D.O. EMCY BOOSTER RMP 3.260H NO.4		0.84	440			703P-0004	H-TPCY/F	3x1.5														
M1A10	TL-100E	100	60	3Ph	DOL		No. 1 ENGINE ROOM SUPPLY FAN 2 SPEED, (S)		45	440			574P-0001	H-TPCY/F	2x3x10														
M1A12	TL-100E	60	60	3Ph	DOL		No. 1 WATER TIGHT DOOR HYD RMP HP WASH RMP FM		16.5	440			M1A12	H-TPCY/F	3x10														
M1A13	TL-100E	100	15	3Ph		831-FM-001	N001 HYD RMP NO.1 REMOTE OPERATED VALVES		2.9	440			M1A13	H-TPCY/F	3x2.5														
M1A14A	TL-100E	250	250	3Ph		332-FM-003	M001 HOPPER RMP NO.2		52	440			M1A14A	H-TPCY/F	3x35														
M1A14B	TL-100E	100	60	3Ph			HOPPER RMP NO.1		37	440			M1A14B	H-TPCY/F	3x10														
M1A15	TL-400E	400	350	3Ph	DOL		No. 1 HYD RMP FOR SHAKER TANK CENTRIFUGAL RMP SHALE SHAKER		119	440			M1A15	H-TPCY/F	3x95														
M1A16	TL-100E	30	30	3Ph			BOOST RMP FOR NO. 1 HYD RMP FOR SHAKER TANK CENTRIFUGAL RMP SHALE SH		4.3	440			M1A16	H-TPCY/F	3x2.5														
M1A17	TL-100E	100	50	3Ph	DOL	816-FM-001	F402 FOAM RMP FOR HELI DECK		11	440			M1A17	H-TPCY/F	3x6														
M1A18	TL-100E	100	40	3Ph			NO. 1 HYD RMP FOR AIR FAN SYSTEM, AIR COND RM		7.5	440			M1A18	H-TPCY/F	3x6														
M1A19	TL-100E	100	15	3Ph			IMMOL UNIT (ANALOGUE) (BIPOLAR (P)		440				M1A19	H-TPCY/F	3x25														
M1A20	TL-100E	100	60	3Ph			BATTERY ROOM NO.1 EXHAUST FAN (VF-11)		440				M1A20	H-TPCY/F	3x2.5														
M1A21	TL-100E	100	15	3Ph		571-FM-010	Q412 BATTERY ROOM NO.1 EXHAUST FAN (VF-11)		440				M1A21	H-TPCY/F	3x2.5														
M1A22	TL-100E	100	15	3Ph		573-FM-002	F302 BATTERY LOCKERS EXHAUST FAN (EF-39)		440				M1A22	H-TPCY/F	3x2.5														
SP1	TL-100E	100	20	3Ph	DOL		TRANSFORMER 425-KB001 & UPS 425-UK-001		440				425-P-0005	H-TPCY/F	3x16														
SP2	TL-100E	100	20	3Ph	DOL		HVAC LER/DRILLING CABIN (EMCCA)		440				EMCCA-SP2	H-TPCY/F	3x16														
SP3	TL-225E	100	50.63	3Ph			MORE ANTI-ESS SACK STORE		440				SP3	H-TPCY/F	3x2.5														
HT1-1	TL-100E	100	15	3Ph		585-FM-001	M110 TRANSFORMER NO.1 (8KV/800/400V) FAN		0.6	440			HT1-1	H-TPCY/F	3x2.5														
T1A	TO-600B	600	600	3Ph			No. 3 450V/225V TRANSFORMER FOR GENERAL USE, STBOLT SWGRD RM		300	440			T1A	H-TPCY/F	2x3x95														
AW112	TL-100E	100	50	3Ph		438-204-007	F306 AUX MOTOR FOR HELI FOR ANCKER WHICH NO.1 & 2		11	440			AW112	H-TPCY/F	3x6														
AW12	TL-100E	100	50	3Ph		438-204-008	F307 AUX MOTOR FOR HELI FOR ANCKER WHICH NO.3 & 4		11	440			AW12	H-TPCY/F	3x6														
AW13	TL-100E	100	50	3Ph		438-204-005	F308 AUX MOTOR FOR HELI FOR ANCKER WHICH NO.5 & 6		11	440			AW13	H-TPCY/F	3x6														
AW113	TL-100E	100	50	3Ph		438-204-006	F309 AUX MOTOR FOR HELI FOR ANCKER WHICH NO.7 & 8		11	440			AW113	H-TPCY/F	3x6														
CS-6	TL-100E	100	63.100	3Ph			LOCAL CONTROL PANEL FOR GENNO. 3		440				651P-0029	H-TPCY/F	3x25														
NOTES: 1. TYPE SPECIFICATIONS AND CHARACTERISTICS TO BE FOUND IN DOCUMENT NUMBER 2040-5183196. 2. ORIGINAL CABLE TYPES (ex. "H-TPCY") ARE IN ACCORDANCE TO DOCUMENT NUMBER 2040-5186633.001. NEW CABLE TYPES SHALL BE IN ACCORDANCE TO MANUFACTURE CODING.																						PAGE 2 of 2							

3.4.1.2. Medição nos Transformadores 440/220V AC

Conforme referido anteriormente, foram efetuadas medições nos transformadores 440/220V AC e enviadas ao mestrando, por forma a este incluir no balanço de cargas um cálculo aproximado do real consumo dos utilizadores de 220V AC durante as diferentes operações.

Existem um total de doze transformadores. Na Tabela 3.5 apresentam-se os consumos medidos em cada um dos transformadores, à exceção de um, por motivos restrição ao compartimento onde o transformador está instalado.

Tabela 3.5: Medições no primário dos Transformadores 440/220V AC.

Descrição	Nº. de medida	Dia	Hora	Medidas [A]		
				L1	L2	L3
Transformador nº.3: 440/220V, 300kVA - Uso Geral	1	29/jul	21:40-23:00	210	179	194
	2	30/jul	02:30-03:30	205	177	185
	3	30/jul	05:30-06:00	206	178	189
Transformador nº.4: 440/220V, 300kVA - Uso Geral	1	29/jul	21:40-23:00	127	134	137
	2	30/jul	02:30-03:30	136	136	147
	3	30/jul	05:30-06:00	136,5	141	149,5
Transformador nº.5: 440/220V, 100kVA - Heat Trace	1	29/jul	21:40-23:00	16	12,5	21,5
	2	30/jul	02:30-03:30	18	14	23
	3	30/jul	05:30-06:00	18	14	23,4
Transformador nº.6: 440/220V, 100kVA - Heat Trace	1	29/jul	21:40-23:00	14	15,8	15
	2	30/jul	02:30-03:30	16,1	17,8	16
	3	30/jul	05:30-06:00	16	18	16,5
Transformador nº.7: 440/220V, 15kVA - Heat Trace	1	29/jul	21:40-23:00	2	2	2
	2	30/jul	02:30-03:30	0,5	0,6	0,6
	3	30/jul	05:30-06:00	0,5	0,4	0,5
Transformador nº.10: 440/220V, 45kVA - Heat Trace	1	29/jul	21:40-23:00	12	8,6	8,5
	2	30/jul	02:30-03:30	13	8,5	8,5
	3	30/jul	05:30-06:00	13,5	8,5	8,5
Transformador nº.11: 440/220V, 60kVA - Heat Trace	1	29/jul	21:40-23:00	17	10	7
	2	30/jul	02:30-03:30	17	10	7
	3	30/jul	05:30-06:00	17	10	7
Transformador nº.8: 440/220V, 8kVA - Uso Geral	Não foram efetuadas medidas!					
Transformador nº.9: 440/220V, 63kVA - Uso Geral	1	29/jul	21:40-23:00	3	6	5
	2	30/jul	02:30-03:30	3	6	4
	3	30/jul	05:30-06:00	1,5	5,5	3,8
Transformador nº.1: 440/220V, 20kVA - Uso Geral	1	29/jul	21:40-23:00	1	1	1
	2	30/jul	02:30-03:30	1	1	1
Transformador nº.2: 440/220V, 20kVA - Uso Geral	1	29/jul	21:40-23:00	4	3	6
	2	30/jul	02:30-03:30	1	2	3,5
Transformador nº.12: 440/220V, 20kVA - Uso Geral	1	29/jul	21:40-23:00	4,5	3,2	3,1
	2	30/jul	02:30-03:30	5	3	3
	3	30/jul	05:30-06:00	5,3	4	7

Com os valores nominais de potência aparente e de tensão de cada transformador,

e assumindo que os transformadores de *heat tracing* alimentam consumidores puramente resistivos com fator de potência unitário, e que os restantes transformadores têm consumidores resistivos e indutivos com um fator de potência médio de 0.85, o mestrando calculou as correntes nominais nas linhas de cada transformador e a potência ativa deste com as seguintes fórmulas:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos \theta} \quad (3.1)$$

$$P_n = S_n \cos \theta \quad (3.2)$$

onde:

S_n – potência aparente nominal [kVA]

U_n – tensão nominal [V]

$\cos \theta$ – fator de potência

I_n – corrente nominal na linha [A]

P_n – potência ativa nominal [kW]

Tabela 3.6: Cálculo dos valores nominais de corrente e potência ativa.

Descrição	S_n [kVA]	U_n [V]	I_n [A]	PF ($\cos \theta$)	P_n [kW]
Transformador nº.3: 440/220V, 300kVA - Uso Geral	300	440	393,65	0,85	255
Transformador nº.4: 440/220V, 300kVA - Uso Geral	300	440	393,65	0,85	255
Transformador nº.5: 440/220V, 100kVA - <i>Heat Trace</i>	100	440	131,22	1	100
Transformador nº.6: 440/220V, 100kVA - <i>Heat Trace</i>	100	440	131,22	1	100
Transformador nº.7: 440/220V, 15kVA - <i>Heat Trace</i>	15	440	19,68	1	15
Transformador nº.10: 440/220V, 45kVA - <i>Heat Trace</i>	45	440	59,05	1	45
Transformador nº.11: 440/220V, 60kVA - <i>Heat Trace</i>	60	440	78,73	1	60
Transformador nº.8: 440/220V, 8kVA - Uso Geral	8	440	10,50	0,85	6,8
Transformador nº.9: 440/220V, 63kVA - Uso Geral	63	440	82,67	0,85	53,55
Transformador nº.1: 440/220V, 20kVA - Uso Geral	20	440	26,24	0,85	17
Transformador nº.2: 440/220V, 20kVA - Uso Geral	20	440	26,24	0,85	17
Transformador nº.12: 440/220V, 20kVA - Uso Geral	20	440	26,24	0,85	17

Os valores da Tabela 3.5 e Tabela 3.6, possibilitaram ao mestrando analisar o consumo aproximado (em percentagem) associado a cada transformador, correspondente ao

maior valor de corrente medida em cada transformador, por se tratar da situação mais desfavorável. Os resultados são apresentados na Tabela 3.7.

Tabela 3.7: Cálculo da percentagem de consumo relativo ao máximo de corrente.

Descrição	I_{medido} [A]	I_n [A]	Consumo [%]
Transformador nº.3: 440/220V, 300kVA - Uso Geral	210,00	393,65	53,35
Transformador nº.4: 440/220V, 300kVA - Uso Geral	149,50	393,65	37,98
Transformador nº.5: 440/220V, 100kVA - Heat Trace	23,40	131,22	17,83
Transformador nº.6: 440/220V, 100kVA - Heat Trace	18,00	131,22	13,72
Transformador nº.7: 440/220V, 15kVA - Heat Trace	2,00	19,68	10,16
Transformador nº.10: 440/220V, 45kVA - Heat Trace	13,50	59,05	22,86
Transformador nº.11: 440/220V, 60kVA - Heat Trace	17,00	78,73	21,59
Transformador nº.8: 440/220V, 8kVA - Uso Geral		10,50	
Transformador nº.9: 440/220V, 63kVA - Uso Geral	6,00	82,67	7,26
Transformador nº.1: 440/220V, 20kVA - Uso Geral	1,00	26,24	3,81
Transformador nº.2: 440/220V, 20kVA - Uso Geral	6,00	26,24	22,86
Transformador nº.12: 440/220V, 20kVA - Uso Geral	7,00	26,24	26,67

Como é possível verificar na Tabela 3.7, com exceção do transformador nº.3, o consumo é sempre inferior a 40%, pelo que, relativamente ao balanço de cargas foi definido e assumido que todos os transformadores 440/220V AC tinham um consumo constante de 40% do valor nominal da sua potência, com um fator de potência correspondente ao tipo de utilizadores alimentados pelo respetivo transformador. A percentagem estipulada é superior à percentagem total de consumo em cerca de 7%, o que corresponde a uma potência de aproximadamente 63,6kW, de acordo com os cálculos abaixo apresentados:

$$I_{medido\ total} = \sum I_{medido} = 453A$$

$$I_n\ total = \sum I_n = 1379A$$

$$\frac{\sum I_{medido} \times 100\%}{\sum I_n} = X\% = 32,88\%$$

$$\frac{(X\% - 40\%) \times \sum I_n}{100} = I = 98,23A$$

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \theta = 63,6kW, \text{ onde } U = 440V \text{ e } \cos \theta = 0,85.$$

3.4.1.3. Consumidores do Projeto “Winterisation”

Com base nos sistemas referidos em 3.4, estimaram-se os consumidores deste projeto e identificaram-se os utilizadores pertencentes a cada sistema, como sendo:

- **Sistema de Iluminação:** Novas luminárias serão instaladas no interior e no exterior das estruturas que irão proteger o sistema de guincho das âncoras. Estes novos consumidores não são muito relevantes para o balanço de cargas, dado que em 3.4.1.2 foi calculado que o consumo total nos transformadores 440/220V inserido no balanço de cargas ser de 63.6kW, superior ao existente. Este valor irá abranger as cerca de 30 iluminarias de 36W a instalar.
- **Sistema de registo de equipamentos EX:** Não foi prevista qualquer alteração nos equipamentos EX.
- **Sistema de Heat Tracing:** Não foi identificado até ao momento qualquer equipamento ou tubagem existente que necessite do sistema de *heat tracing* por consequência das operações no mar de Kara.
- **Sistema de Aquecimento por Vapor:** Este sistema é composto por caldeiras que produzem vapor de água que é distribuído por um sistema de tubagem até áreas específicas da plataforma, sendo libertado através de ventoinhas de aquecimento nas respetivas áreas.

No projeto foram identificadas trinta e cinco áreas com necessidade de aquecimento por vapor, o que corresponderá à instalação de um mesmo número de ventoinhas. Assim, o caudal necessário ao aquecimento de cada área é obtido com a instalação de ventoinhas de aquecimento equipadas com um motor de 0.5kW, prevendo-se um total de 17.5kW de consumidores para este sistema. O caudal foi identificado pelo engenheiro do ramo de mecânica no projeto.

- **Sistema de Guincho das Âncoras:** Várias alterações foram identificadas na parte elétrica, não tendo sido no entanto, consideradas relevantes ao nível do balanço de cargas, com exceção da iluminação referida acima.
- **Aquecimento das áreas interiores:** Áreas como alojamentos, escritórios, cabines de gruas e guinchos serão dotados de melhor aquecimento elétrico, pelo que se previu que cerca de 30% da potência disponível para o aquecimento já existente na instalação seria o valor de potência estimado para a instalação de aquecimento nas áreas mencionadas, correspondendo aproximadamente a um total de 52kW.

- **Aquecimento das vias de evacuação e essenciais:** Este sistema é considerado o maior consumidor deste projeto, e consiste na aplicação de um pavimento aquecido com cabos usados no sistema de *heat tracing* e antiderrapante nas vias de evacuação e essenciais, de modo a que estejam sempre livres de gelo e neve. Assim, conforme o requisito inicial por parte da DNV, o sistema deveria ser instalado com uma potência mínima de 300W/m² [74], tendo o valor estimado para este sistema sido baseado nessa condição. De acordo com cálculos efetuados pelo ramo de mecânica, o sistema será instalado numa área de 1400m², o que corresponde a um consumo de 420kW.

A maioria dos sistemas desenvolvidos existentes no mercado, e certificados pela DNV, possuem 300W/m², mas, quando as instalações que dispõem do sistema de aquecimento das vias, estavam a operar em localizações do globo onde é necessário manter as vias de evacuação desimpedidas de gelo, o sistema de aquecimento não funcionava adequadamente. Isto deve-se ao fato de 300W/m² serem insuficientes para produzir calor suficiente por forma a compensar as perdas inerentes às condições climáticas adversas (ventos fortes, temperaturas muito negativas, etc.). Assim, em Julho de 2013 a DNV alterou esta condição, definindo uma nova regulamentação, onde estabelece que todas as vias de evacuação deverão ter uma área liberta de gelo e neve com um mínimo de 700mm de largura [75]. Devido a esta alteração o valor estimado foi aumentado em 100W/m², sendo então definida para o balanço de cargas a potência de 560kW, com um fator de utilização de 75%.

- **Abrigo nas áreas das embarcações salva-vidas e proteção contra vento no convés e na torre de perfuração:** Não foram identificadas alterações que tenham repercussões no balanço de cargas.

Em síntese, e de acordo com a Tabela 3.8, previu-se que os utilizadores referentes às alterações do projeto “Winterisation” corresponderiam a aproximadamente 630kW.

Tabela 3.8: Estimativa dos consumidores do projeto “Winterisation”.

Sistema	Descrição do Equipamento	Potência [kW]
Aquecimento por Vapor	Motores de ventoinhas	17,50
Aquecimento de Interiores	Aquecedores	52,00
Aquecimento das vias	Pavimento aquecido	560,00

3.4.1.4. Atualização do Balanço de Cargas

Com base na informação obtida durante o processo referido nos pontos 3.4.1.1, 3.4.1.2 e 3.4.1.3, foi possível fazer uma atualização muito aproximada do consumo total de energia da West Alpha durante os diferentes modos de operação. Para tal, aplicaram-se fatores de consumo a cada tipo de equipamento, de acordo com informação recebida do pessoal de operações, e usando fatores de eficiência para cada consumidor, conforme nota técnica da ABB que determina a eficiência de motores de acordo com a IEC 60034-30 [76].

Para a obtenção de resultados teóricos próximos do consumo real da West Alpha, e com base em informação do pessoal de operações, foram ainda consideradas as condições seguintes:

- As âncoras deverão operar individualmente ou no máximo duas de cada vez, mas nunca a 100%;
- Apenas duas bombas do fluido de perfuração deverão estar em funcionamento simultâneo, sendo a terceira a bomba auxiliar;
- Se as bombas do fluido de perfuração estiverem a operar a unidade de cimento não funcionará;
- O *drawworks* funcionará sempre de modo intermitente, mesmo em modo de *tripping*.

Com base em toda a informação analisada nos capítulos anteriores, a Tabela 3.9 apresenta o resultado preliminar do balanço de cargas, em inglês (língua oficial da NAD para toda a documentação).

3.4.1.5. Análise dos Resultados

Para aferir se os resultados teóricos obtidos no balanço de cargas são coerentes face à potência efetivamente consumida durante as diferentes operações na West Alpha solicitou-se, à empresa fornecedora do sistema de gestão de energia da plataforma, os registos de dados do sistema (dos últimos trinta dias), com informação relativa a:

- Número total de geradores ligados
- Potência Aparente [kVA]
- Potência Ativa [kW]
- Potência Reativa na rede [kVar]

Estes dados permitiriam verificar se os valores teóricos usados para os cálculos do balanço de cargas estavam de acordo com os valores reais.

Os dados recebidos da empresa fornecedora indicavam as medições efetuadas e registadas pelo sistema, da potência ativa total consumida e da potência reativa total na rede, relativos ao período de 5 de maio a 2 de junho de 2013. Assim, houve necessidade de tratar essa informação, efetuando a média dos valores medidos em cada minuto (cerca de 1440 medições por dia), obtendo-se os resultados para as potências ativa e reativa bem como para o fator de potência (3.3) apresentados na Tabela 3.10.

$$\cos \theta = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (3.3)$$

onde:

Q – potência reativa [kVar].

Tabela 3.10: Média diária das medidas de potência.

Data	Média de Potência Ativa Consumida [kW]	Média de Potência Reativa na Rede [kVar]	Média do Fator de Potência [calculada com (3.3)]
05.05.2013	1777	1449	0,78
06.05.2013	2259	2343	0,74
07.05.2013	2441	2675	0,71
08.05.2013	2327	2527	0,71
09.05.2013	1959	1713	0,79
10.05.2013	3270	2966	0,76
11.05.2013	2768	2431	0,79
12.05.2013	2434	2050	0,81
13.05.2013	3069	3250	0,72
14.05.2013	2857	3489	0,67
15.05.2013	3925	4763	0,67
16.05.2013	3948	4085	0,73
17.05.2013	2426	2291	0,79
18.05.2013	2067	1608	0,83
19.05.2013	2010	1556	0,84
20.05.2013	2085	1669	0,83
21.05.2013	2158	1921	0,80
22.05.2013	1969	1519	0,84
23.05.2013	2838	2691	0,78
24.05.2013	1940	1631	0,81
25.05.2013	1901	1485	0,83
26.05.2013	1782	1305	0,85
27.05.2013	1765	1292	0,85
28.05.2013	1823	1435	0,84
29.05.2013	1646	1290	0,83
30.05.2013	1634	1259	0,84
31.05.2013	1693	1268	0,85
01.06.2013	1839	1453	0,84
02.06.2013	1774	1285	0,85

A Figura 3.6 mostra o consumo médio de potência ativa e reativa na rede e a Figura 3.7 o fator de potência da rede de acordo com os valores calculados.



Figura 3.6: Média da potência ativa e reativa na rede.



Figura 3.7: Média do fator de potência na rede.

Da análise da Figura 3.6 e Figura 3.7 constata-se existir um período em que a potência reativa média na rede é superior à potência ativa média consumida o que indica um fator de potência médio baixo.

Analisando os dados completos recebidos pela empresa, foi verificado que o fator de potência mais baixo registado foi de 0.53, no dia 6 de maio, e o mais alto de 0.82 no dia 27 de maio. Segundo os relatórios diários de operação, o valor mais baixo registado corresponde à utilização entre quatro a dez equipamentos de perfuração, identificados na Tabela 3.1, e funcionamento dos motores do sistema de propulsão. A potência necessária para os motores é sempre variável dependendo das características da operação de perfuração; velocidade do vento

e requisitos que definem a posição da plataforma conforme a profundidade da zona a perfurar (quanto mais profundo é o local, maior o raio de ação, menor o consumo por parte dos motores de propulsão).

Por forma a comparar diretamente os valores teóricos do balanço de cargas com os valores reais registados, foi necessário aferir se algum dos modos de operação existentes no balanço de cargas estava presente nas medições registadas. De acordo com os relatórios diários de operação e registos climatéricos, no período de 9 a 13 de maio a operação efetuada foi a de “*Tripping Bad Weather*”, um dos modos estudados no balanço de cargas identificado na Tabela 3.9.

A Figura 3.8 representa o comportamento da potência ativa e reativa da rede durante o período mencionado. Observa-se um pico no consumo de potência ativa no início do dia 11 de Maio, dia em que a velocidade do vento aumentou de 8.5m/s para 16m/s, correspondente ao aumento de consumo dos motores propulsores para manterem a posição da West Alpha durante a operação.



Figura 3.8: Comportamento das Potências da West Alpha, período de 9 a 13 de maio 2013.

O consumo estimado no balanço de cargas na Tabela 3.9 é de 7044kW, e retirando os consumidores do projeto “Winterisation”, estima-se um consumo de aproximadamente 6268W. Na Figura 3.8 identifica-se um pico da potência ativa de 5497W, valor inferior ao valor calculado. Conclui-se assim que o resultado teórico do balanço elétrico é coerente com o real consumo de energia na West Alpha e pode-se extrapolar que os resultados teóricos nos restantes modos serão próximos ao real consumo elétrico na instalação.

3.4.1.7. Decisão Final

No balanço de cargas o pior caso esperado tem lugar quando a operação na West Alpha é “*Drilling Top Hole Bad Weather*”, isto é, perfuração inicial do poço com mau tempo. Neste modo é esperado o maior consumo possível dos consumidores da plataforma, e por essa razão a decisão da necessidade da instalação de um gerador temporário têm como base o resultado neste modo de operação.

Em síntese, o maior consumo elétrico corresponde ao modo de operação mencionado, com os utilizadores seguintes a operar:

- **Motores propulsores**: consumo mais elevado para manter a posição da plataforma em um raio específico durante a perfuração;
- **Motores das âncoras**: estão sistematicamente a ser utilizados para compensar desvios na posição por forma a minimizar o uso dos motores propulsores;
- **Motores do sistema de fluido de perfuração**: A parte inicial do poço tem um diâmetro maior, por isso é utilizada uma broca de perfuração com um diâmetro equivalente. Quanto maior o diâmetro da broca maior o atrito, logo, maior o consumo do motor de rotação. Para minimizar o atrito é necessário uma maior quantidade de fluido, logo as bombas de fluido de perfuração consomem mais energia.

No resultado preliminar do balanço de cargas apresentado na Tabela 3.9, no modo “*Drilling Top Hole Bad Weather*”, espera-se que um dos seis geradores funcione como reserva em caso de falha de um dos geradores principais, pelo que teoricamente não será necessário instalar um gerador temporário para operar no mar de Kara.

O balanço de cargas não tem em conta a qualidade de energia da rede, por isso os resultados teóricos têm como fator de potência, no caso específico da West Alpha, um valor de 0.81. Este valor foi calculado fazendo a média dos valores nominais do fator de potência dos consumidores, com base nos valores nominais da potência do respetivo equipamento, da tensão e da corrente e com a aplicação da expressão (3.4), valor próximo de 0.82, valor máximo medido no período de 5 de maio a 2 de junho.

$$P_n = \sqrt{3}U_n I_n \cos \theta \Leftrightarrow \theta = \cos^{-1} \left(\frac{P_n}{\sqrt{3}U_n I_n} \right) \quad (3.4)$$

Devido à presença dos dezassete retificadores trifásicos de tirístores, sempre que os motores associados à operação de perfuração entram em funcionamento, o fator de potência diminui consideravelmente, por vezes até 0.4, diminuindo bastante o valor de potência ativa na rede, e, por conseguinte, condicionando a possibilidade de alimentar grande parte dos utilizadores elétricos a bordo da West Alpha.

Assim, como alternativa à instalação de um gerador temporário, surgiu a ideia de estudar os efeitos de um compensador de potência reativa na rede elétrica da West Alpha. Colocou-se a questão se o compensador de potência reativa conseguiria manter o fator de potência acima de 0.8, de modo a que na prática houvesse uma potência ativa disponível equivalente à do balanço de cargas, e que na situação mais desfavorável fosse possível trabalhar apenas com cinco geradores.

3.4.2. Compensador de Potência Reativa

Os consumidores do quadro elétrico de 660V AC (subcapítulo 3.3) são a principal causa da excessiva potência reativa na rede, diminuindo o fator de potência e deteriorando a qualidade de energia da rede elétrica. Esta afirmação pode ser comprovada na Figura 3.6 e na Figura 3.7, no período entre 24 de Maio e 2 de Junho, onde as operações de *drilling* terminam e começam as operações de finalização do poço de petróleo. Nesta fase de finalização os únicos consumidores que provocam uma redução considerável no fator de potência são os motores do *drawworks*, utilizados para instalar a tubagem de produção, e, por vezes, as unidades de cimento que cimentam o tubo de revestimento usado para cobrir as paredes do poço.

Pelo fato de os consumidores do quadro elétrico de 660V AC serem a principal causa da potência reativa excessiva na rede, considerou-se que o melhor local da rede para ligar o compensador de potência reativa, seria nos barramentos do referido quadro elétrico, que alimenta os motores de corrente contínua dos equipamentos de *drilling*. Optou-se por utilizar compensadores de potência reativa, de compensação dinâmica, por serem os mais apropriados para o tipo de consumidores em causa (equipamentos de *drilling* têm consumo variável). Este equipamento é constituído por um banco de condensadores variáveis, ultrarrápido e livre de transitórios, concebido para instalações onde exista uma variação rápida de cargas com baixo fator de potência [77].

Foram utilizadas as medições existentes para estimar o valor de potência reativa a compensar na rede. Dadas as medições não serem efetuadas no quadro elétrico de 660V AC, mas sim aos terminais dos geradores, o valor estimado é considerado menor ao valor real, porque a potência reativa presente no quadro elétrico de 660V AC é superior à potência reativa presente nos terminais dos geradores.

O menor valor de fator de potência medido foi de 0.53, para as características da rede seguintes:

$$S = 4055kVA$$

$$P_E = 2150kW$$

$$Q_E = 3438kVar$$

onde,

S – potência aparente gerada [kVA];

P_E – potência ativa consumida [kW];

Q_E – potência reativa consumida [kVar].

O objetivo é retificar a potência reativa e calcular o seu valor para igual valor de potência aparente, de modo a que a potência ativa extra que exista na rede possa alimentar os consumidores a instalar na West Alpha para operações no mar de Kara. A Figura 3.9 representa o triângulo de potências que possibilita fazer este tipo de avaliação.

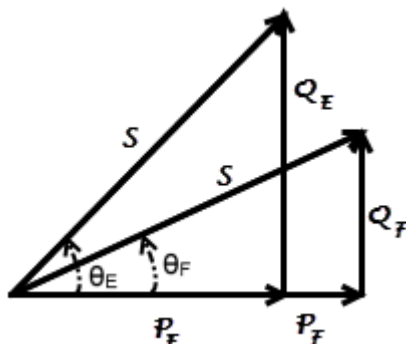


Figura 3.9: Triângulo de Potências.

onde,

P_F – potência ativa consumida após retificação do fator de potência [kW];

Q_F – potência reativa consumida após retificação do fator de potência [kVar];

θ_F – ângulo de defasagem após retificação do fator de potência;

θ_E – ângulo de defasagem para o fator de potência existente.

Tendo em conta que a potência ativa necessária para alimentar os consumidores (subcapítulo 3.4.1.3) é aproximadamente 630kW, com um fator de potência de 0.53, seriam necessários 2780kW para alimentar os mesmos consumidores. Assim, considerando (3.5) conclui-se que o fator de potência mínimo deverá rondar os 0.84, para que seja possível alimentar todos os consumidores, os existentes e os adicionais inerentes às operações no mar de Kara.

$$S = \sqrt{3}P_F \cos \theta_F \quad (3.5)$$

Considerando adicionalmente a relação (3.6), com o fator de potência de 0.84, sabe-se que o valor de potência reativa correspondente é de 1275kVar.

$$S^2 = P_F^2 + Q_F^2 \quad (3.6)$$

Aplicando (3.7), conclui-se que a potência reativa a ser compensada no período estudado deveria ser no mínimo de 2163kVar.

$$Q_C = Q_E - Q_F \quad (3.7)$$

onde,

Q_C – potência reativa a ser compensada [kVar].

O compensador de potência reativa previsto será do tipo *standard* com módulos de 400kVar cada, havendo necessidade de instalar seis módulos de 400kVar, para a compensação total de potência reativa, ou seja 2400kVar.

De acordo com a Figura 3.4 (Rede de Produção e Distribuição de Energia Elétrica), o quadro elétrico de 660V AC tem dois barramentos interligados por um disjuntor de ligação, dando a possibilidade de utilizar individualmente os barramentos. Se o compensador de potência reativa (de 2400kVar) for aplicado apenas a um barramento, quando o disjuntor de ligação estiver aberto, apenas esse barramento teria compensação, o que equivaleria a um barramento sem compensação, e levaria à diminuição do fator de potência total da rede. Deste modo, o mestrando determinou que cada conjunto de três módulos seria ligado um barramento, como pode ser observado na Figura 3.10.

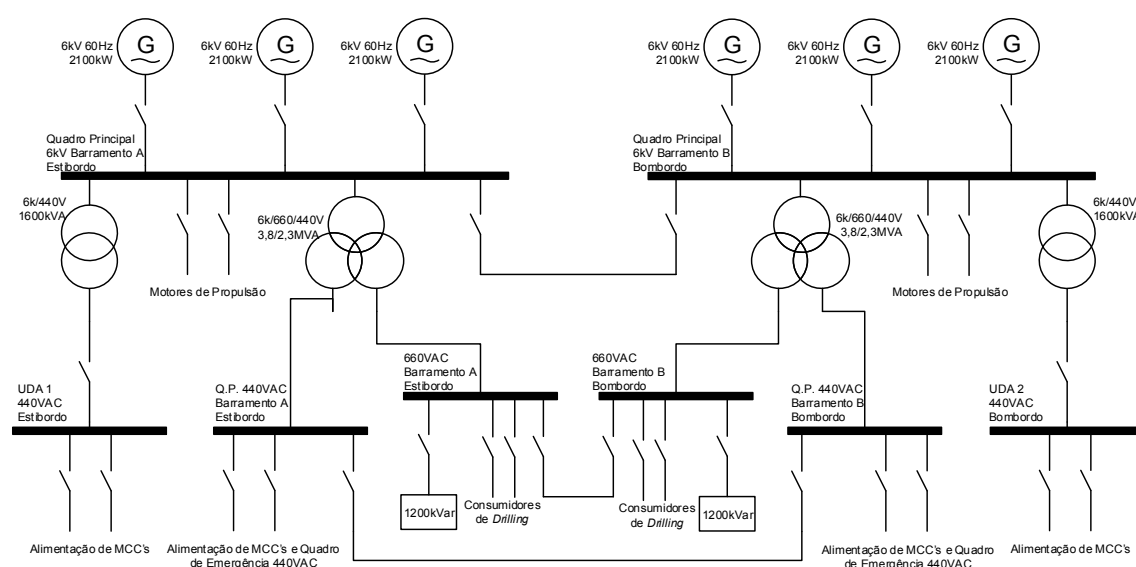


Figura 3.10: Rede de Produção e Distribuição de Energia após instalação de dois compensadores de potência reativa de 1200kVar.

A análise da solução estabelecida pelo projeto está a ser efetuada pelo fabricante dos compensadores de potência, após a qual se prosseguirá com a sua instalação na West Alpha. Ainda não se conhecem os resultados da análise, no entanto, o fabricante mencionou que as opções tomadas estavam em conformidade com projetos anteriores para instalações equivalentes à West Alpha.

3.4.3. *Aquecimento das Vias Essenciais e de Evacuação*

Um dos grandes desafios enfrentados por instalações a operar em zonas do globo onde as temperaturas são negativas, consiste na necessidade de manter as vias essenciais e de evacuação livres de gelo, para que não se verifiquem acidentes com os trabalhadores e se garanta o objetivo anual da empresa de zero acidentes de trabalho.

Como foi referido no subcapítulo 3.4.1.3, existem no mercado diferentes soluções para o desafio, como tapetes de borracha, vias feitas com compostos tipo cimento, entre outros tipos de soluções, mas todos com uma característica em comum, o uso de cabos de *heat tracing* no seu interior. Até ao presente ano as soluções existentes não funcionam adequadamente em condições severas, pois a sua conceção apenas tem subjacente a norma da DNV, que (subcapítulo 3.4.1.3) estipula que a potência mínima para aquecimento de vias exteriores deste tipo de instalações, deverá ser de 300W/m² [74]. Mas, existem muitas variáveis que não estão contempladas na norma, como sejam:

- **Velocidade do vento:** Testes efetuados por um fornecedor de equipamentos comprovaram que quanto maior a velocidade do vento, maiores serão as perdas, sendo necessária maior potência para compensar essas perdas de calor.
- **Temperatura:** Quanto mais baixa a temperatura, mais potência será necessária para manter a superfície das vias com temperaturas positivas, e portanto anular a formação de gelo.
- **Condutividade térmica do material:** Se o material utilizado na proteção dos cabos de aquecimento não tiver uma boa condutividade térmica, o calor gerado pelos cabos será dissipado apenas nas proximidades do cabo, pelo que as superfícies que não estejam em contacto com o cabo elétrico não se manterão livres de formação de gelo.
- **Isolamento:** Soluções que não isolam os cabos de aquecimento por forma a não existir contacto com água e/ou ar, não funcionam, porque a temperatura se dissipa pela água e/ou ar mais facilmente que no material metálico que se pretende manter livre de gelo.

No passado mês de Julho foi publicada uma recomendação da DNV para alterar o regulamento, existindo também informação de que a partir de Janeiro de 2014, a regulamentação irá ser alterada segundo o documento já disponível na internet no *website* da DNV. Esta alteração específica que, no mínimo, 700mm de largura das vias de evacuação deverão estar sempre livres de gelo [75]. Torna-se assim necessário instalar um sistema que tenha em consideração todos os fatores acima indicados.

O engenheiro mecânico do projeto identificou que cerca de 1400m² de área que necessitará de ser dotada de aquecimento, de acordo com a Figura 3.11, Figura 3.12, Figura

3.13 e a Figura 3.14, onde se identificam as vias essenciais e de evacuação da West Alpha.

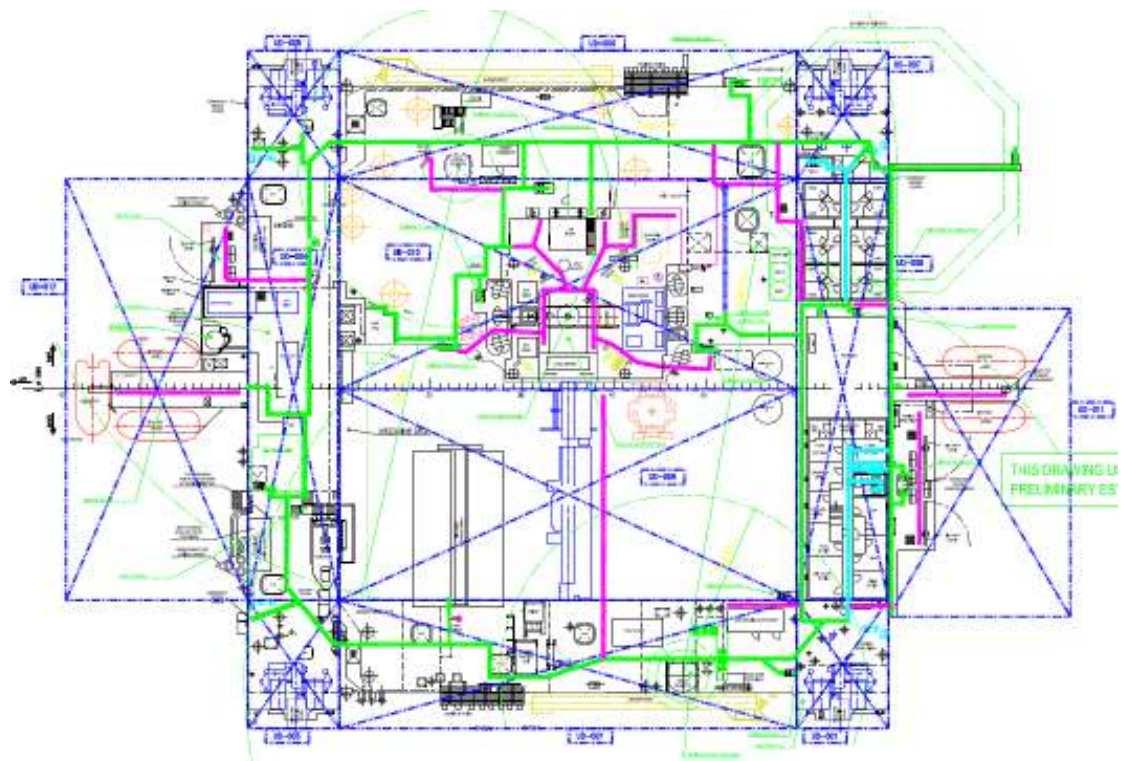


Figura 3.11: Vias Essenciais e de Evacuação no *Main Deck*.

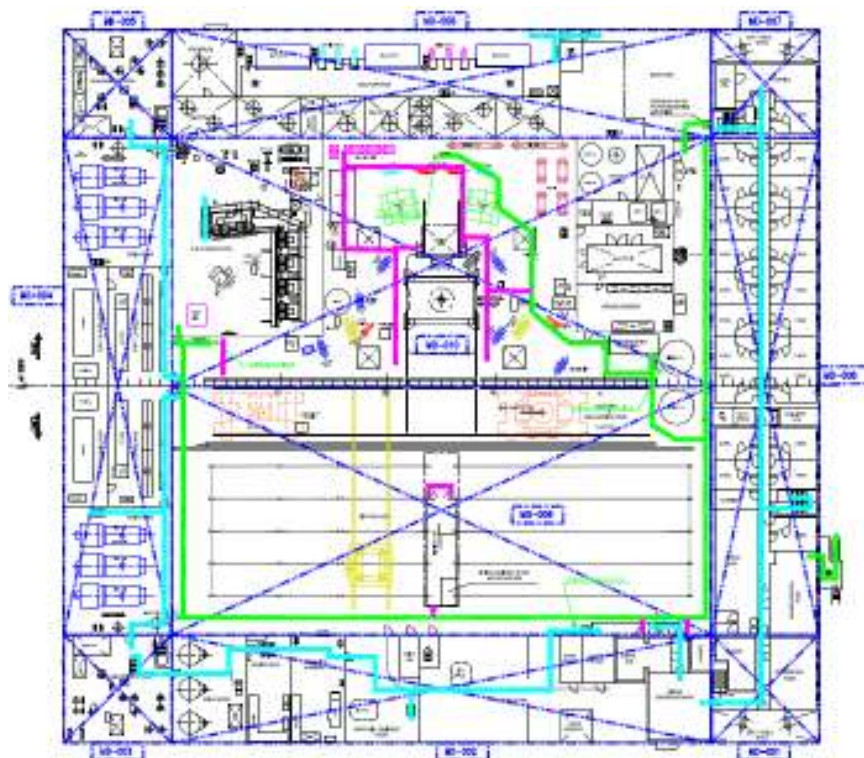


Figura 3.12: Vias Essenciais e de Evacuação no *Tween Deck*.

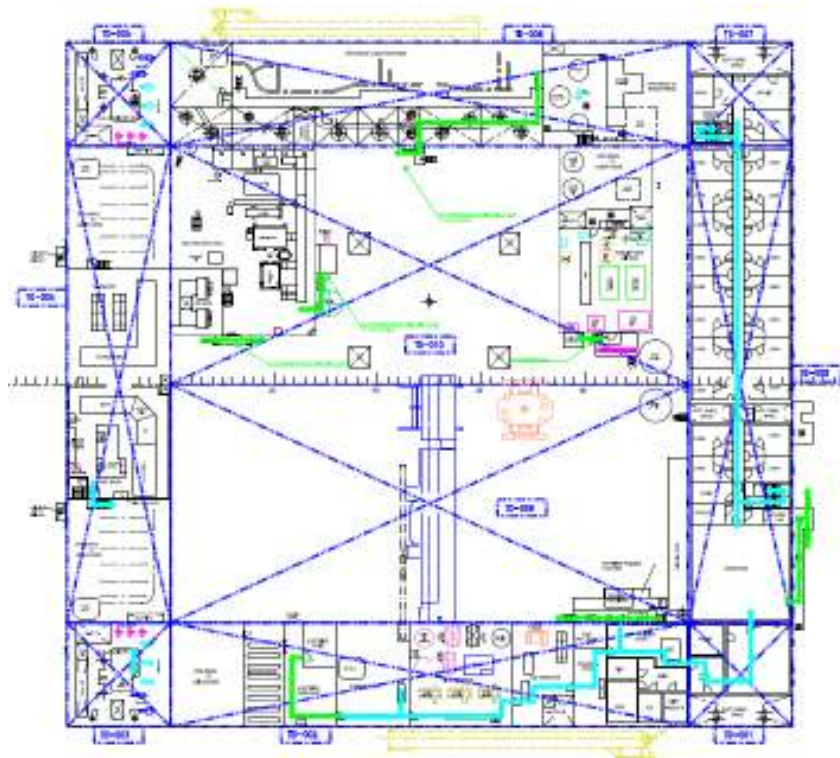


Figura 3.13: Vias Essenciais e de Evacuação no *Upper Deck*.

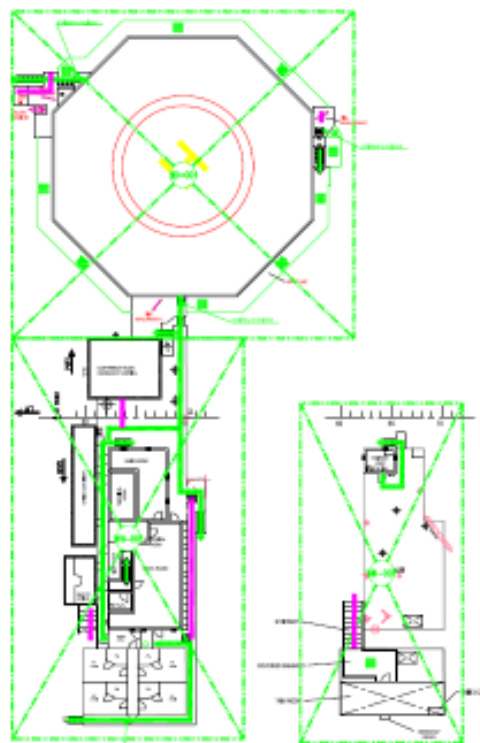


Figura 3.14: Vias Essenciais e de Evacuação no *Wheelhouse Level* e *Helideck*.

A tensão de alimentação de 220V AC é uma característica comum a todos os sistemas de aquecimento existentes no mercado, o que dificulta a disponibilização da potência necessária, nesse valor de tensão, a nível dos transformadores de 440/220V AC presentes.

De acordo com a Tabela 3.5, existem doze transformadores de 440/220V AC instalados na West Alpha. O mestrando considerou que nenhum dos transformadores seria utilizado para alimentar o sistema em estudo, pois tratam-se de transformadores específicos a um determinado sistema (como é caso dos transformadores de *heat tracing*) ou com potência insuficiente para as necessidades do novo sistema. Decidiu então que a solução seria instalar dois novos transformadores 440/220V AC na rede elétrica da plataforma.

Até ao momento não foi identificada a potência total necessária para alimentar o sistema de aquecimento, mas de acordo com o estimado no subcapítulo 3.4.1.3 e o resultado do balanço de cargas, definiu-se que serão instalados dois transformadores 440/220V AC de 300kVA AC, alimentados pelos quadros elétricos intitulados de “UDA1” e “UDA2”, como se pode visualizar na Figura 3.15. Como a potência utilizada pelo sistema de aquecimento a instalar será controlada através de um sistema de controlo avançado, será incluído um parâmetro na lógica de controlo que limitará o consumo total do sistema de aquecimento a 95% do valor de potência de cada transformador, anulando assim um aquecimento exagerado dos transformadores.

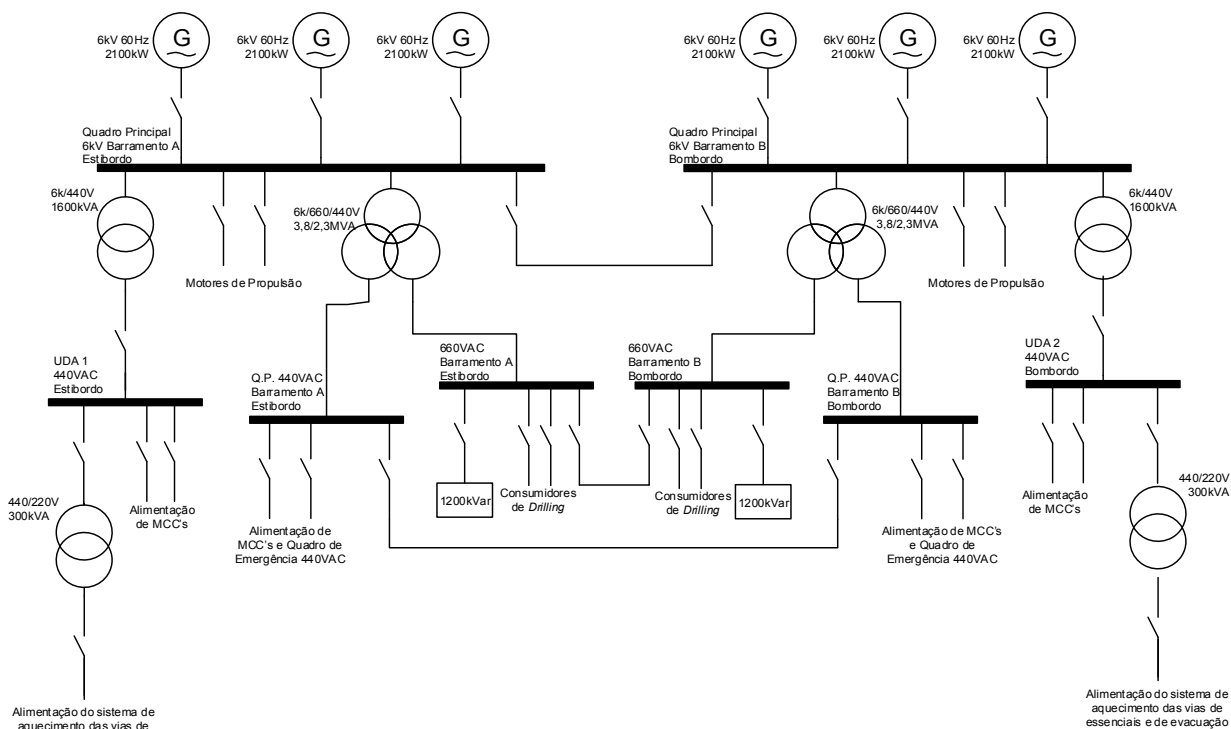


Figura 3.15: Rede de Produção e Distribuição de Energia após instalação de dois transformadores 440/220V AC 300kVA.

3.4.4. Instalação de Abrigos nos Guinchos das Âncoras

Alguns elementos metálicos do sistema das âncoras foram considerados inaptos para suportar temperaturas muito negativas, levando à substituição dos mesmos, objetivo difícil de realizar por ser se tratar de um sistema antigo (1986). Como alternativa, será possível fazer um abrigo aquecido que envolva todo o sistema, pelo que esta solução foi considerada a mais viável quer em termos de tempo quer de custos.

Para tal foi criada uma equipa multidisciplinar com o objetivo de estudar quais as alterações necessárias à instalação. Esse estudo previu a alteração da localização das cabines de controlo dos guinchos, do centro do sistema das âncoras para uma das pontas dos abrigos, como pode ser visualizado na Figura 3.16, implicando a alteração de todos os cabos elétricos, de instrumentação e de telecomunicações.

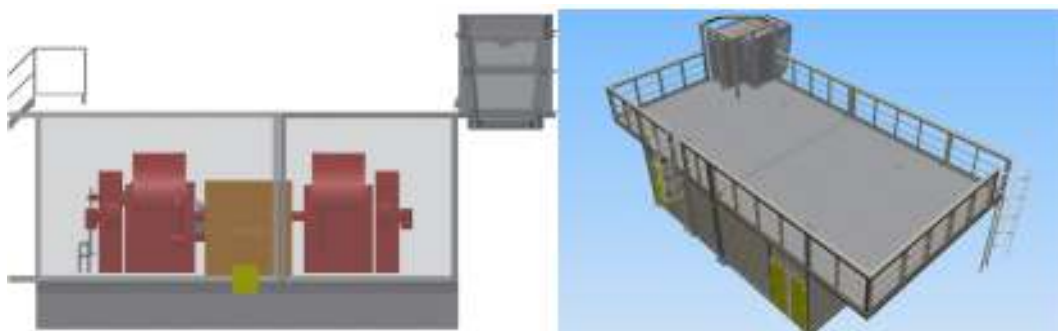


Figura 3.16: Modelo 2D e 3D do abrigo dos guinchos das âncoras e respetiva cabine de controlo.

Para realizar este tipo de alterações existem duas opções, a primeira seria desligar e retirar todos os cabos e passar novos cabos, o que implicaria trabalho extra durante o período de instalação. A segunda opção seria instalar caixas de derivação em um local no interior dos abrigos, onde iriam terminar os cabos existentes (aos terminais de entrada das caixas) e passar novos cabos desde os terminais de saída das caixas de derivação até respetivo equipamento.

Um dos equipamentos alimentados na cabine dos guinchos é o retificador de tirístores dos motores das âncoras de 660V AC que é alimentado por três cabos de 120mm de diâmetro em paralelo para cada fase, um total de doze cabos. Devido à grande dimensão das caixas de derivação necessárias para terminar estes cabos, optou-se pelo sistema de *splice* equivalente ao mencionado no subcapítulo 2.4.2.7 para a tensão de 45kV AC, mas para uma tensão de 660V AC.

As alterações referidas serão fundamentadas por cálculos das quedas de tensão a realizar, apesar de se saber que o comprimento adicional de cabo (10m) num comprimento total superior a 100m não tem significado em termos de aumento da queda de tensão, porque os cabos instalados estão sobredimensionados.

3.4.5. *Instalação de Aquecimento por Vapor*

A West Alpha tem um sistema de aquecimento por vapor (de origem) composto por caldeiras, tubagens e ventoinhas que estão localizadas em áreas da plataforma que não estão preparados para funcionar a temperaturas negativas.

Ao longo dos anos muitas das tubagens e ventoinhas foram sendo retiradas da instalação por diferentes motivos, mas principalmente, porque o sistema deixou de funcionar e não foi objeto de qualquer reparação.

Para as operações no mar de Kara, o sistema de aquecimento foi considerado fundamental e terá de ser reparado. Assim, houve necessidade de quantificar o número de consumidores adicionais a serem instalados. Conforme indicado em 3.4.1.3, foram dos trinta e cinco novos consumidores de 0.5kW (ventoinhas).

Após a execução das listas de consumidores (subcapítulo 3.4.1.1), verificou-se que os quadros elétricos que alimentam as ventoinhas de vapor na West Alpha, não tinham circuitos disponíveis para alimentação de novos utilizadores. Também se constatou que grande parte das celas dos circuitos dimensionados para disjuntores de 100A, têm instalados apenas disjuntores de 15A, de acordo com as novas listas de consumidores dos quadros elétricos “MCC FP” e “MCC FS”, Tabela 3.11 e Tabela 3.12, respetivamente.

A solução que se encontra em estudo, pretende proceder à substituição dos disjuntores de 15A instalados e fazer a adaptação das celas para que nestas possam ser instalados pelo menos três disjuntores de 16A, sendo um destes destinado ao consumidor existente e os outros dois para alimentar os consumidores adicionais.

No entanto, esta alteração pode não ser viável, dado que quer os quadros elétricos quer os seus componentes são de 1986, será certamente um desafio encontrar fornecedores de acessórios adequados à adaptação das celas. Se for este o caso, a solução passará pela instalação de um disjuntor de 75A (existente como sobressalente) e fazer uma interligação entre a cela e uma caixa de derivação a colocar, para alimentar os respetivos utilizadores.

WEST ALPHA 2040-5729543.018, Rev. 01										ELECTRICAL CONSUMER LIST MCC FP - BUS B												
Circuit Number	Breaker			Protection		Starter Type	Tag Number	Area	Description	S [kVA]	Equipment			Main Cable			Remarks					
	Type (NOTE 1)	Max. Rating [A]	Rating [A]	Phase	Thermal Relay Current Setting [A]						Pn [kW]	Un [V]	In [A]	Power Factor	Service (NOTE 3)	Motor Connecti on Y or Δ		EX (NOTE 4)	Temp. Class	Tag Number	Type	Size [mm2]
INCOMERS																						
M86	AH-10B	1600	220	3Ph			871-A-006	M115	1400V MAIN SWBD, NO.2 PORT		440						M86	H-TPVCY	3x120			
BUS TIE																						
BBP	TG-225	225	225	3Ph				M115	BUS TIE BREAKER PANEL								M8	H-TPVCY	3x95			
CONSUMERS																						
M861	TG-100B	100	75	3Ph		48 (6.7)	575-BM-004	F305	SUPPLY FAN (SF-29) SHALE SHAKER	35	440	61	0.83			Δ	Ex II	T3	M861	H-TPVCY	3x16	Stand alone
M862	TG-100B	100	15	3Ph		6.5	574-BM-006	F308	SUPPLY FAN (SF-13) PORT AUK MACHINERY ROOM	1,1/4.4	440	3,558.2	0.960.80			YYY	Ex II 3G	T3	M862	H-TPVCY	3x2.5	2-speed motor only 1-speed in use
M863	TG-100B	100	15	3Ph		6.9	574-BM-007	F308	EXHAUST FAN (EF-15) PORT AUK MACHINERY ROOM	1,1/4.4	440	3,558.2	0.960.80			YYY	Ex II 3G	T3	M863	H-TPVCY	3x2.5	2-speed motor only 1-speed in use
M864	TG-100B	100	15	3Ph		7.5 (6.9)	574-BM-017	F301	SUPPLY FAN (SF-11) BOILER ROOM	3.7	440								M864	H-TPVCY	3x2.5	Corroded, rating plate unreadable
M865	TG-100B	100	15	3Ph		28.4 (2.4)	574-BM-016	F308	SUPPLY FAN (SF-2) PORT FWD PUMPHOUSE	1.5	440							EX	M865	H-TPVCY	3x2.5	2-speed motor only 1-speed in use
M866	TG-100B	100	15	3Ph		2.7 (2.5-4)	574-BM-015	F308	SUPPLY FAN (SF-6) PORT AFT PUMPHOUSE	1.3	440	2.5	0.75				INDUSTRIAL		M866	H-TPVCY	3x2.5	2-speed motor only 1-speed in use
M867	TG-100B	100	15	3Ph		1.8 (1.4-2)	574-BM-005	F300	SUPPLY FAN (SF-22) HYDRUS SEA WORK SHOP	0.160/75	440	0.471/79	0.830.90			YYY	Ex II 3N	G3	M867	H-TPVCY	3x2.5	2-speed motor only 1-speed in use
M868	TG-100B	100	15	3Ph		6.4 (4.4)	574-BM-018	F325	EXHAUST FAN (EF-25) CEMENT STORE	4.6	440	8.14	0.82			Δ	Ex II IC	T4	M868	H-TPVCY	3x2.5	
M869	TG-100B	100	15	3Ph		2.8 (2.8-4)	576-BM-002	F325	SUPPLY FAN (SF-21) FOR GENERAL	1.5	440								M869	H-TPVCY	3x2.5	CANT READ TAG TO SMALL SPACE
M8610	TG-100B	100	15	3Ph		1.8 (1.4-2)	576-BM-001	F301	EXHAUST FAN (EF-20) FOR PAINT LOCKER	0.160/75	440	0.471/79	0.830.9			YYY	Ex II 3N	G4	M8610	H-TPVCY	3x2.5	2-speed motor only 1-speed in use
M8611	TG-100B	100	15	3Ph		1.8 (1.4-2)	576-BM-002	F304	SUPPLY FAN (SF-32) HRU ROOM	0.86	440	1.71	0.88			Y	Ex II	T3	M8611	H-TPVCY	3x2.5	Corroded, rating plate unreadable
M8612	TG-100B	100	15	3Ph		1.8 (1.4-2)	574-BM-028	F300	SUPPLY FAN (SF-33) H/P WASH PUMPHOUSE	0.75	440					YYY	Ex II IC	T4	M8612	H-TPVCY	3x2.5	2-speed motor only 1-speed in use
M8613	TG-100B	100	15	3Ph		1.8 (1.4-2)	574-BM-019	M121	SUPPLY FAN (SF-23) B.O.P. UNIT ROOM	0.190/75	440	0.51/69	0.790.88			YYY	Ex II 3G	T3	M8613	H-TPVCY	3x2.5	RATING PLATE TO DRY, CANT CLEAN
M8614	TG-100B	100	15	3Ph		1.8 (1.4-2)	574-BM-011	F308	EXHAUST FAN (EF-17) FOR PORT PURIFIER SPACE	0.210/84	440	0.471/9	0.770.84			YYY	Ex II 3G	T3	M8614	H-TPVCY	3x2.5	
M8615	TG-100B	100	15	3Ph		3.1 (2.8-4)	575-BM-017	F308	SUPPLY FAN (SF-6) PORT COLUMN NO.1	1.5	440								M8615	H-TPVCY	3x2.5	
M8616	TG-100B	100	15	3Ph		3.1 (2.8-4)	575-BM-014	F308	SUPPLY FAN (SF-6) PORT COLUMN NO.3	1.3	440	2.5	0.88			Y	Ex II 3G	T3	M8616	H-TPVCY	3x2.5	
M8617	TG-100B	100	75	3Ph		48 (6.7)	575-BM-005	F305	SUPPLY FAN (SF-26) MLD PUMPHOUSE	6.8/16.5	440	12.8/30.5	0.830.82			YYY	Ex II 3N	G4	M8617	H-TPVCY	3x16	
M8618	TG-100B	100	15	3Ph		1.4 (1.4-2)			SPARE		440								M8618	H-TPVCY	3x2.5	JIB AT DRILL FLOOR
M8619	TG-100B	100	15	3Ph		0.76 (0.64-0.96)	577-GB-021	M119	STEAM FAN HEATER N SACK STORE	0.22	440								M8619	H-TPVCY	3x2.5	High up need scaffold to check, NEW FROM
M8620	TG-100B	100	15	3Ph		0.76 (0.64-0.96)	577-BM-018	M119	STEAM FAN HEATER N SACK STORE	0.22	440								M8620	H-TPVCY	3x2.5	High up need scaffold to check, NEW FROM
M8621	TG-100B	100	15	3Ph		1.8 (1.4-2)	577-BM-017	M120	STEAM FAN HEATER N CEMENT ROOM	1.8	440	0.76				Y	Ex II IC	T3	M8621	H-TPVCY	3x2.5	
M8622	TG-100B	100	15	3Ph		0.76 (0.64-0.96)	577-BM-023	M121	STEAM FAN HEATER N B.O.P. HYD UNIT ROOM	1.8	440	0.76				Y	Ex II IC	T3	M8622	H-TPVCY	3x2.5	
M8623	TG-100B	100	15	3Ph		0.76 (0.64-0.96)	577-BM-011	J214	STEAM FAN HEATER N HYDRAULIC PUMPHOUSE	0.22	440	0.7	0.67					INDUSTRIAL	M8623	H-TPVCY	3x2.5	
M8624	TG-100B	100	15	3Ph		0.76 (0.63-0.1)	577-GB-046	M127	STEAM FAN HEATER 3 CELLAR DK	0.66	440								M8624	H-TPVCY	3x2.5	REMOVED, ONLY START STOP LEFT?
M8625	TG-100B	100	15	3Ph		0.7 (0.63-0.1)	577-BM-024	M127	STEAM FAN HEATER 4 CELLAR DK	0.66	440								M8625	H-TPVCY	3x2.5	RATING PLATE ATTACHED BY
M8626	TG-100B	100	15	3Ph		0.95 (0.83-1)		M127	STEAM FAN HEATER 6 CELLAR DK	0.66	440								M8626	H-TPVCY	3x2.5	CANT FND, REMOVED?
M8627	TG-100B	100	15	3Ph		0.7 (0.63-0.1)	577-BM-026	M127	STEAM FAN HEATER N L&A	0.22	440					Y	Ex II		M8627	H-TPVCY	3x2.5	NEW TYPE FROM SCANTECH
M8628	TG-100B	100	15	3Ph		0.7 (0.63-0.1)		M127	STEAM FAN HEATER 2 CELLAR DK	0.37	440	1							M8628	H-TPVCY	3x2.5	

Tabela 3.11: Parte da Lista de consumidores do "MCC FP"

3.4.6. *Cálculo de Curto-circuito e Seletividade*

O documento que apresenta o estudo das correntes de curto-circuito e da seletividade dos equipamentos de proteção na rede elétrica da West Alpha foi atualizado em 2004, ao serem incluídos novos consumidores na rede. Em 2010, apesar de terem sido instalados dois transformadores 6k/440V e dois quadros elétricos de 440V AC, o “UDA1” e “UDA2”, não se verificou qualquer registo da respetiva alteração. Esta irregularidade foi detetada no momento em que houve necessidade de aferir se as alterações a efetuar no projeto poderiam ter consequências nos resultados do cálculo de curto-circuito e de seletividade da rede.

O mestrando decidiu contactar a empresa responsável pelos cálculos para atualizar a informação existente no *software* de cálculo, de acordo com as alterações efetuadas em 2010 e incluir as alterações de que a rede elétrica da West Alpha irá ser objeto devido ao projeto “Winterisation”.

Não se preveem alterações significativas relativamente aos cálculos de curto-circuito nos barramentos dos quadros elétricos, dado que os novos consumidores que poderiam influenciar os cálculos de curto-circuito, as ventoinhas de aquecimento por vapor, têm um consumo muito baixo, comparativamente aos outros motores existentes nos quadros elétricos.

3.4.7. *Outras Alterações*

As restantes alterações identificadas em 3.4 ainda não mencionadas, como sejam, a instalação de novo sistema de *heat tracing* em novos equipamentos por identificar, melhorias no aquecimento das cabines e melhorias no sistema de iluminação, não foram analisadas em detalhe, por serem idênticas às realizadas em projetos da atividade profissional analisada nos capítulos anteriores. No entanto, é de referir a atividade do mestrando de mentor e supervisão do trabalho desenvolvido por engenheiros eletrotécnicos responsáveis pelas diferentes alterações mencionadas neste subcapítulo antes da sua execução.

3.5. Competências Adquiridas

O objetivo principal do mestrando, aquando da aceitação do desafio deste projeto, foi o de complementar a experiência detida até então, nas fases de estudo, *detail engineering* e atualização das peças escritas após instalação nos projetos, com a fase de instalação. Esta fase será efetuada durante noventa dias num estaleiro na Noruega onde todos os trabalhos de instalação serão efetuados para preparar a plataforma West Alpha para operações no mar de Kara.

As competências técnicas adquiridas até à entrega do relatório abrangem a experiência técnica que inclui, entre outros, a atualização do balanço de cargas de uma plataforma de perfuração com seis geradores a produzir 12.6MW de energia para uma instalação que comporta 29.5MW de consumidores, o estudo e análise do efeito de um compensador de potência reativa na plataforma e o efeito das intempéries em equipamentos de aquecimento instalados no exterior.

Outras das competências adquiridas situam-se ao nível da gestão e liderança de equipas. Destas destacam-se a liderança da área elétrica do projeto; a definição e entrega de responsabilidades; confiança no trabalho desenvolvido pela equipa; ser mentor de um engenheiro eletrotécnico júnior; planeamento de trabalho *onshore*, *offshore* e no estaleiro; e a responsabilidade pela estimação dos custos de todas as atividades desenvolvidas pela área elétrica do projeto.

Durante os próximos meses até ao final do projeto “Winterisation” o mestrando prevê adquirir competências na fase de instalação do projeto, onde estão compreendidas tarefas como planeamento diário do trabalho a desenvolver por períodos de 24h, desenvolvimento de soluções adequadas num espaço de tempo muito curto e liderança de equipas de trabalho constituídas por trabalhadores de várias empresas de instalação e fornecedores de equipamentos. Outras competências deverão ser adquiridas, mas no presente momento o mestrando não é ainda capaz de as prever, dado não estar na posse de toda a informação relativa a esta futura fase.

3.6. Conclusões

O projeto descrito neste capítulo terá a duração de um ano, período de tempo que decorre desde a identificação do trabalho a desenvolver, a elaboração dos cadernos de encargos a serem postos a concurso, até à atualização das peças escritas após instalação, prevista para junho de 2014.

Até ao momento têm sido desenvolvidas atividades adicionais que não foram consideradas pela NAD durante a fase de adjudicação do projeto. De referir, entre outras:

- Identificação de todos os consumidores de cada quadro elétrico e correspondente atualização do balanço de cargas para demonstrar que o gerador temporário não seria necessário, caso fosse instalado um compensador de potência reativa;
- Levantamento e atualização dos planos de iluminação para identificar quais as luminárias que não estavam aptas a operar no mar de Kara.

Estas atividades foram concretizadas por serem consideradas relevantes quando se detetou não existir controlo sobre a rede elétrica da West Alpha. Então, o mestrando como responsável das alterações da parte elétrica a serem desenvolvidas neste projeto, decidiu não ser possível tomar decisões técnicas, porque qualquer decisão poderia pôr em risco a instalação e os trabalhadores, durante as operações no mar de Kara.

A opção de instalar um compensador de potência reativa, versus a instalação de um gerador temporário, é considerada como uma solução que melhorará a rede de energia elétrica a longo prazo, considerando os vários benefícios que um compensador de potência reativa pode acrescentar, como sejam:

- Aumentar o fator de potência;
- Reduzir as perdas na rede;
- Diminuir o consumo de combustível quando não são necessários novos consumidores;
- Aumentar a capacidade da rede;
- Melhorar a regulação da tensão;
- Reduzir as harmónicas na rede e assim diminuir falhas em equipamentos eletrónicos.

Com a atualização do balanço de cargas da West Alpha, verificou-se o quanto é importante conhecer bem a rede elétrica, a forma como os consumidores são operados, bem como todas as variáveis associadas ao funcionamento dos diferentes utilizadores da rede, para possibilitar a obtenção de um balanço de cargas teórico com valores próximos de um balanço de cargas real.

Capítulo 4 – Considerações Finais

A carreira profissional do mestrando, até ao momento, desenvolveu-se de uma forma encadeada desde que se iniciou na MGP, em outubro de 2003, até à data de entrega deste relatório, e esse encadeamento pode ser visualizado na Figura 4.1



Figura 4.1: Encadeamento da carreira profissional do mestrando.

Durante os dez anos de carreira profissional em Engenharia Eletrotécnica, o mestrando desenvolveu consideravelmente as suas capacidades técnicas em sistemas de potência no decurso dos vários contratos de trabalho assegurados com as funções de engenheiro eletrotécnico ligado às “correntes fortes”.

Os trabalhos realizados com maior contribuição ao desenvolvimento técnico do mestrando foram:

- Alteração das Camaratas das Praças no navio NRP Sagres (subcapítulo 1.2), visto este ter sido o primeiro contacto com instalações marítimas e suas caraterísticas;
- Instalação de Guincho Corer e da Rede de Distribuição de 50Hz no navio NRP D. Carlos I (subcapítulo 1.7), onde pela primeira vez o mestrando foi responsável pela aceitação de equipamentos essenciais para as missões do navio;
- “HHI Drillship Project” (subcapítulo 2.3.1) em que o mestrando adquiriu conhecimentos em instalações de perfuração e todos os sistemas que estão presentes e necessitam de energia para funcionar. Este projeto foi também essencial para compreender as redes de energia de instalações *offshore* e a sua filosofia;

- Alteração da Cozinha no projeto “Tampen V&M” (subcapítulo 0), porque nesta catividade estudou em pormenor a instalação elétrica de uma área da plataforma, reconheceu os problemas técnicos de instalar equipamentos elétricos em áreas com risco de explosão e compreendeu a filosofia incluída no sistema elétrico das instalações *offshore* para evitar equipamentos em funcionamento no momento em que existe um alarme de gás;
- A totalidade do projeto “Gudrun Tie-in to Sleipner A” (subcapítulo 2.4.2), no qual desenvolveu capacidades técnicas no estudo e projeção de quadros elétricos de MT, transformador elevador de tensão de MT para AT, resistências de arranque do transformador de MT, cabos elétricos de MT e AT e terra de proteção de AT. Neste projeto também adquiriu conhecimentos sobre equipamentos que não tinha ainda encontrado, como o comutador de carga de transformadores e o sistema de *hang-off*, ambos essenciais para um *tie-in* da rede de energia elétrica entre duas instalações distantes entre si;
- O projeto “Winterisation”, em desenvolvimento (subcapítulo 3.4), também contribuiu e continuará a contribuir para o crescimento técnico do mestrando, porque para desenvolver as atividades previstas, o mestrando teve de estudar e compreender a rede elétrica da plataforma West Alpha.

Outras capacidades foram desenvolvidas durante a carreira profissional, e o mestrando espera que essas capacidades sejam mais aprofundadas durante o próximo desafio que consiste na fase de instalação do projeto “Winterisation” no estaleiro. Estas capacidades situam-se mais no âmbito de gestão de equipas e capacidade de liderança:

- Definição e entrega de responsabilidades durante fase de instalação no estaleiro, utilizando a equipa no seu máximo potencial;
- Antecipar desafios que poderão surgir relativamente a escassez de material e trabalhadores;
- Encaminhar e liderar a equipa de forma eficaz, por forma a atingir a *milestone* de cada trabalho de instalação;
- Atingir o objetivo de zero acidentes de trabalho durante a instalação dos equipamentos sob responsabilidade do mestrando.

Com o grau de Mestre o mestrando espera num futuro próximo assumir cargos de maior responsabilidade tanto a nível técnico como a nível de gestão. Neste momento ambos os caminhos se encontram em aberto, um mais ligado à especialização na área de engenharia eletrotécnica, e outro mais geral, ligado a gestão de grandes projetos. Ambos apresentam as suas vantagens e desvantagens e neste momento o ideal será conseguir mais experiência nas duas vertentes para possibilitar tomar uma decisão mais informada. A posse de um mestrado facilitará também a aceitação pelo mercado do caminho que vier a ser escolhido.

Bibliografia

- [1] Marinha, “NRP Sagres,” 2009. [Online]. Available: <http://www.marinha.pt/PT/amarinha/meiosoperacionais/superficie/Pages/NRPSa gres.aspx>. [Acedido em Outubro 2010].
- [2] J. Manuel, “File:N.R.P. Sagres, navio-escola. Forças Armadas Marinha Portuguesa.jpg,” 6 Junho 2006. [Online]. Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:N.R.P._Sagres,_navio-escola._For%C3%A7as_Armadas_Marinha_Portuguesa..jpg. [Acedido em Outubro 2010].
- [3] Marinha, “Classe Vasco da Gama,” 2009. [Online]. Available: <http://www.marinha.pt/PT/amarinha/meiosoperacionais/superficie/classevascoda gama/Pages/home.aspx>. [Acedido em Outubro 2010].
- [4] I. Económica, “Inteligência Económica,” 19 Abril 2011. [Online]. Available: <http://inteligenciaeconomica.com.pt/?p=1947>. [Acedido em 21 Julho 2013].
- [5] Marinha, “NRP Baptista de Andrade,” 2009. [Online]. Available: <http://www.marinha.pt/pt/amarinha/meiosoperacionais/superficie/baptistadeandr ade/pages/nrpbaptistadeandrade.aspx>. [Acedido em Outubro 2010].
- [6] J. L. D. Silva, “Olhares Fotografia Online,” 08 Outubro 2009. [Online]. Available: <http://olhares.sapo.pt/nrp-baptista-de-andrade-foto3140669.html>. [Acedido em Outubro 2010].
- [7] Marinha, “Classe Cacine,” 2009. [Online]. Available: <http://www.marinha.pt/PT/amarinha/meiosoperacionais/superficie/classsecacine/P ages/classsecacine.aspx>. [Acedido em Outubro 2010].
- [8] Webnode, “Poder Militar Português - 2 anos,” 2010. [Online]. Available: <http://poder-militar-portugues.webnode.pt/for%c3%a7as%20armadas%20portuguesas-/marinha-portuguesa/classe-cacine/>. [Acedido em Outubro 2010].
- [9] Marinha, “NRP Bérrio,” 2009. [Online]. Available: <http://www.marinha.pt/PT/amarinha/meiosoperacionais/superficie/Pages/NRPBe rrio.aspx>. [Acedido em Outubro 2010].

- [10] Xuaxo, “Wikimedia Commons,” 6 Novembro 2007. [Online]. Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:NRP_Berrio_20071106.jpg. [Acedido em Outubro 2010].
- [11] Marinha, “N.R.P. D. Carlos I,” 2009. [Online]. Available: <http://www.marinha.pt/pt/amarinha/meiosoperacionais/superficie/classedcarlos/pages/nrpdcarlosi.aspx>. [Acedido em Outubro 2010].
- [12] D. Gomes, “Blog Naval Português,” 3 Maio 2008. [Online]. Available: <http://marinhaportuguesa.blogspot.no/2008/05/nrp-d-carlos-i.html>. [Acedido em Outubro 2010].
- [13] Marinha, “ARSENAL DO ALFEITE ENTREGA A SEGUNDA LANCHIA PARA A POLÍCIA MARÍTIMA,” 11 Janeiro 2006. [Online]. Available: <http://www.marinha.pt/PT/noticiaseagenda/noticias/Pages/ARSENALDOALFEITEENTREGAASEGUNDALANCHIA.aspx>. [Acedido em Outubro 2010].
- [14] P. C. Silva, “Olhares Fotografia Online,” 12 Novembro 2009. [Online]. Available: <http://olhares.sapo.pt/policia-maritima-foto3230958.html>. [Acedido em Outubro 2010].
- [15] Barco à Vista, “Barco à Vista,” 27 Junho 2009. [Online]. Available: <http://barcoavista.blogspot.no/2009/06/navio-escola-vega.html>. [Acedido em 10 2010].
- [16] J. C. R. Plácido, “colunas de Perfuração de Poços de Petróleo,” 2009. [Online]. Available: <http://pt.scribd.com/doc/50497190/Apostila-de-Colunas-de-Perfuracao>. [Acedido em 9 Novembro 2013].
- [17] P. D. R. A. Silva, “DAS-5945 - TÉCNICAS DE CONTROLE AVANÇADO APLICADAS À INDÚSTRIA DO PETRÓLEO E GÁS,” [Online]. Available: http://www.das.ufsc.br/~plucenio/DAS5946/aula5/Apr_DrRenato_A_Silva.pdf. [Acedido em 27 Julho 2013].
- [18] E. Comission, “ATEX GUIDELINES,” Maio 2011. [Online]. Available: http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/atex/guide/atexguidelines-may2011_en.pdf. [Acedido em 28 Novembro 2013].
- [19] Eagle, “Types of offshore platforms,” STRUKTS, Maio 2012. [Online]. Available: <http://forum.strukts.com/discussion/354/types-of-offshore-platforms/p1>. [Acedido em 11 Novembro 2013].

- [20] AgilityGroup, “Our History,” 2012. [Online]. Available: <http://www.agilitygroup.no/index.php/about-agility-group/our-history>. [Acedido em Fevereiro 2013].
- [21] AgilityGroup, “Our Business,” 2012. [Online]. Available: <http://www.agilitygroup.no/index.php/our-business/solutions>. [Acedido em Fevereiro 2013].
- [22] Hyunday Heavy Industries Co. LTD., “News,” 4 Janeiro 2011. [Online]. Available: <http://english.hhi.co.kr/news/view?idx=283>. [Acedido em Maio 2011].
- [23] Intergraph, “SmartPlant Electrical,” Intergraph, 2013. [Online]. Available: <http://www.intergraph.com/products/ppm/smartplant/electrical/default.aspx>. [Acedido em 3 November 2013].
- [24] A. Solutions, “Products and Services,” [Online]. Available: <http://www.akersolutions.com/en/Global-menu/Products-and-Services/>. [Acedido em Setembro 2011].
- [25] N. P. Directorate, “Statfjord,” 11 Abril 2013. [Online]. Available: <http://www.npd.no/en/publications/facts/facts-2012/chapter-10/statfjord/>. [Acedido em Fevereiro 2013].
- [26] N. P. Directorate, “Gulfaks,” 11 Abril 2012. [Online]. Available: <http://www.npd.no/en/Publications/Facts/Facts-2012/Chapter-10/Gulfaks/>. [Acedido em Fevereiro 2013].
- [27] N. P. Directorate, “Snorre,” 11 Abril 2012. [Online]. Available: <http://www.npd.no/en/Publications/Facts/Facts-2012/Chapter-10/Snorre/>. [Acedido em Fevereiro 2013].
- [28] N. P. Directorate, “Tordis,” 11 Abril 2012. [Online]. Available: <http://www.npd.no/en/Publications/Facts/Facts-2012/Chapter-10/Tordis/>. [Acedido em Fevereiro 2013].
- [29] N. P. Directorate, “Statford Nord,” 11 Abril 2012. [Online]. Available: <http://www.npd.no/en/Publications/Facts/Facts-2012/Chapter-10/Statfjord-Nord/>. [Acedido em Fevereiro 2013].
- [30] N. P. Directorate, “Vigdis,” 11 Abril 2012. [Online]. Available: <http://www.npd.no/en/Publications/Facts/Facts-2012/Chapter-10/Vigdis/>. [Acedido em Fevereiro 2013].

- [31] N. P. Directorate, “Visund,” 11 Abril 2012. [Online]. Available: <http://www.npd.no/en/Publications/Facts/Facts-2012/Chapter-10/Visund/>. [Acedido em Fevereiro 2013].
- [32] N. P. Directorate, “Syfna,” 11 Abril 2012. [Online]. Available: <http://www.npd.no/en/Publications/Facts/Facts-2012/Chapter-10/Sygna/>. [Acedido em Fevereiro 2013].
- [33] RIGZONE, “Map: Tampen Area, North Sea,” 22 Junho 2004. [Online]. Available: http://www.rigzone.com/news/image_detail.asp?img_id=1143. [Acedido em Setembro 2010].
- [34] Norwegian Petroleum Directorate, “Fields in production,” 05 Julho 2010. [Online]. Available: <http://www.npd.no/en/Publications/Facts/Facts-2010/Chapter-11/>. [Acedido em Setembro 2011].
- [35] o. technology.com, “Norsafe,” 2012. [Online]. Available: <http://www.offshore-technology.com/contractors/safety/norsafe/norsafe4.html>. [Acedido em 28 Julho 2013].
- [36] NORSOK, “NORSOK Z-015,” Junho 2004. [Online]. Available: <http://www.standard.no/PageFiles/935/Z-015r3.pdf>. [Acedido em 28 Julho 2013].
- [37] A. Solutions, “Media,” 20 Setembro 2010. [Online]. Available: <http://www.akersolutions.com/en/Global-menu/Media/Press-Releases/All/2010/Aker-Solutions-signs-contract-for-Gudrun-tie-in-to-Sleipner-worth-NOK-900-million/>. [Acedido em Maio 2011].
- [38] S. I. D. & S. PROJECTS, “Sleipner Area,” Setembro 2010. [Online]. Available: http://www.subseaiq.com/data/PrintProject.aspx?project_id=374&AspxAutoDetectCookieSupport=1. [Acedido em Maio 2011].
- [39] Statoil, “Ready for Gudrun development,” 17 Junho 2010. [Online]. Available: <http://www.statoil.com/en/NewsAndMedia/News/2010/Pages/16JunGudrun.aspx>. [Acedido em Maio 2011].
- [40] G. Scott-Lodge, “Oil Rig Photos,” 26 Novembro 2006. [Online]. Available: <http://www.oilrig-photos.com/picture/number184.asp>. [Acedido em Maio 2011].
- [41] Eta-com, “betobar,” Setembro 2006. [Online]. Available: <http://www.scanelec.no/uploads/Produkter/fullisolertestromskinner/kataloger/Produktkatalog2007.pdf>. [Acedido em 10 Novembro 2013].

- [42] C. P. Solutions, “Cable Jointing/Cable Splicing History,” 2010. [Online]. Available: http://www.campbellwhite.com/CJ_History.aspx. [Acedido em 10 November 2013].
- [43] T. Energy, “Our activities on the Shelf,” [Online]. Available: <http://talisman.no/en/about-talisman/interests/>. [Acedido em 4 Agosto 2013].
- [44] Talisman Energy Inc., “Our Strategy,” 2013. [Online]. Available: http://www.talisman-energy.com/about_us/our-strategy.html. [Acedido em Fevereiro 2013].
- [45] N. P. Directorate, “YME,” 4 Julho 2011. [Online]. Available: <http://www.npd.no/en/publications/facts/facts-2011/chapter-11/yme/>. [Acedido em Março 2012].
- [46] ifea, “Trace Heating Guidelines in Industry and Offshore,” em *Guidelines for Heat Tracing Systems in Norwegian Industry and Offshore*, ifea, 2000, pp. 1-26.
- [47] AC Controls Company INC., “Industrial Heat Trace,” AC Controls Company INC., 2012-2013. [Online]. Available: <http://www.accontrols.com/tyco-thermal-heat-trace-products.html>. [Acedido em 10 Março 2013].
- [48] T. C. Press, “Talisman Energy reports loss of \$731M,” 30 Outubro 2012. [Online]. Available: <http://www.cbc.ca/news/business/talisman-energy-reports-loss-of-731m-1.1296319>. [Acedido em 10 Novembro 2013].
- [49] J. McKinnon, “Talisman Energy 2nd-Quarter Profit Falls,” The Wall Street Journal, 31 Julho 2013. [Online]. Available: <http://online.wsj.com/article/BT-CO-20130731-708258.html>. [Acedido em 10 Novembro 2013].
- [50] L. Krugel, “Talisman Energy plans to sell Norway assets after posting operating loss,” The Vancouver Sun, 31 Julho 2013. [Online]. Available: <http://www.vancouversun.com/business/resources/Talisman+Energy+plans+sell+Norway+assets+after+posting/8732101/story.html>. [Acedido em 10 Novembro 2013].
- [51] A. AS, “Facts and figures,” [Online]. Available: <http://aibel.com/en/about/facts-and-figures>. [Acedido em 4 Agosto 2013].
- [52] Aibel, “Our Business,” [Online]. Available: <http://aibel.com/en/our-business>. [Acedido em Julho 2012].
- [53] Aibel, “Projects,” [Online]. Available: <http://aibel.com/en/projects>. [Acedido em

Julho 2012].

- [54] A. AS, “Gudrun,” [Online]. Available: <http://aibel.com/en/projects/gudrun>. [Acedido em 4 Agosto 2013].
- [55] ConocoPhillips, “Who We Are - Our Company,” 2013. [Online]. Available: <http://www.conocophillips.com/who-we-are/our-company/Pages/default.aspx>. [Acedido em 28 Novembro 2013].
- [56] O. E. Today.com, “Norway: Aibel Wins Major Ekofisk Deal by ConocoPhillips,” 4 Abril 2011. [Online]. Available: <http://www.offshoreenergytoday.com/norway-aibel-wins-major-ekofisk-deal-by-conocophillips/>. [Acedido em Julho 2012].
- [57] O. K. Helgesen, “Teknisk Ukeblad AS,” 23 Outubro 2012. [Online]. Available: <http://www.tu.no/olje-gass/2012/10/23/slik-skal-de-holde-liv-i-gullfeltet>. [Acedido em 20 Fevereiro 2013].
- [58] Statoil, “Ekofisk Blend,” 2012. [Online]. Available: <http://www.statoil.com/en/OurOperations/TradingProducts/CrudeOil/Crudeoilasays/Pages/EkofiskBlend.aspx>. [Acedido em 4 Agosto 2013].
- [59] NORSOK Standard, “S-001: Technical Safety,” Standards Norway, February 2008. [Online]. Available: <http://www.standard.no/en/PDF/FileDownload/?redir=true&preview=true>. [Acedido em Março 2012].
- [60] Draka, “RFOU12_20_24kV,” Draka, 07 Janeiro 2010. [Online]. Available: [http://www.drakamog.com/pdfs/RFOU12_20_24kV\(3\).pdf](http://www.drakamog.com/pdfs/RFOU12_20_24kV(3).pdf). [Acedido em 16 Junho 2013].
- [61] O. J. o. t. E. Communities, “European Comission,” 23 Março 1994. [Online]. Available: http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/atex/direct/text94-9_en.pdf. [Acedido em 16 Junho 2013].
- [62] R. Norge, “GHM,” [Online]. Available: <http://www.roxtec.com/no/products/database/regular-frames/?forcelogin=1&pgId=1&aLevel=1&mode=productsOnly>. [Acedido em 16 Junho 2013].
- [63] Roxtec, “Product Catalogue,” 2013. [Online]. Available: http://www.roxtec.com/fileadmin/Documents/Product_Catalogue/Product_Catal

- ogue_2013-
2014/Roxtec_Product_Catalogue_EN_CN_DE_ES_FR_2013_2014.pdf.
[Acedido em 28 Novembro 2013].
- [64] N. Standard, “NORSOK E-001,” Julho 2007. [Online]. Available: http://www.standard.no/PageFiles/1262/E-001de5_bjy_070706.pdf. [Acedido em 16 Junho 2013].
- [65] N. A. D. Ltd., “Home,” 2013. [Online]. Available: <http://www.nadlcorp.com/>. [Acedido em 03 November 2013].
- [66] S. Ltd., “Search for drilling unit,” 2013. [Online]. Available: http://www.seadrill.com/modules/module_6011/drilling_units.asp?mid=156. [Acedido em 03 Novembro 2013].
- [67] N. A. D. Ltd., “NADL - North Atlantic Drilling secures extension of contract for West Alpha,” 28 Junho 2012. [Online]. Available: http://www.nadlcorp.com/modules/module_123/proxy.asp?D=2&C=42&I=2477. [Acedido em 03 Outubro 2013].
- [68] RIGZONE, “Rig Data: West Alpha,” [Online]. Available: <http://maritime-connector.com/ship/west-alpha-8756576/>. [Acedido em 13 Novembro 2013].
- [69] Seadrill, “West Alpha,” 2013. [Online]. Available: http://www.seadrill.com/Image_detail.asp?iEntityId=347. [Acedido em 13 November 2013].
- [70] S. Electric, “Motor Starter Units,” [Online]. Available: <http://www.schneider-electric.com.au/documents/automation-control/en/local/automation-solution-guide/asg-5-motor-starters.pdf>. [Acedido em 13 Outubro 2013].
- [71] S. Electric, “Reactive Energy Guidelines,” [Online]. Available: http://www2.schneider-electric.com/documents/panelbuilders/en/shared/application-solutions/LV_PFC_PB_Guide.pdf. [Acedido em 13 Outubro 2013].
- [72] Wikipédia, “Mar de Kara,” 23 Março 2013. [Online]. Available: http://pt.wikipedia.org/wiki/Mar_de_kara. [Acedido em 03 Novembro 2013].
- [73] M. R. Englebreton, “Barents Sea,” 2013. [Online]. Available: http://www.nrlmry.navy.mil/forecaster_handbooks/arctic_climatology/narratives/barents_narrative.htm. [Acedido em 28 Novembro 2013].

- [74] DNV, “RULES FOR CLASSIFICATION OF SHIPS,” Julho 2011. [Online]. Available: <https://exchange.dnv.com/publishing/rulesship/2011-07/ts501.pdf>. [Acedido em 06 10 2013].
- [75] DNV, “RULES FOR CLASSIFICATION OF SHIPS,” Julho 2013. [Online]. Available: <https://exchange.dnv.com/publishing/RulesShip/2013-08/ts501.pdf>. [Acedido em 10 Outubro 2013].
- [76] ABB, “Technical Note,” 2008. [Online]. Available: [http://www05.abb.com/global/scot/scot234.nsf/veritydisplay/1b6d379e38780455c125797900294173/\\$file/tm025%20en%20revc%2001-2012_iec60034-30.lowres.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot234.nsf/veritydisplay/1b6d379e38780455c125797900294173/$file/tm025%20en%20revc%2001-2012_iec60034-30.lowres.pdf). [Acedido em 10 Outubro 2013].
- [77] ABB, “ABB Dynacomp compensador dinâmico do factor de potência,” [Online]. Available: [http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/0a972bbdb9269014c12576dc0054cc33/\\$file/N%C2%BA2-2009.pdf](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/0a972bbdb9269014c12576dc0054cc33/$file/N%C2%BA2-2009.pdf). [Acedido em 15 Outubro 2013].

Anexo A: Ordem da Direção do Serviço de Pessoal da Marinha de Guerra Portuguesa – Movimentos do Pessoal (OP1 81/28-10-2003)



MARINHA

ORDEM DA DIRECÇÃO DO SERVIÇO DE PESSOAL

1ª SÉRIE

Nº 81 de 28 de Outubro de 2003

O Director do Serviço de Pessoal determina e manda publicar o seguinte:

1 - TRANSCRIÇÕES E DISPOSIÇÕES DIVERSAS	NIL
2 - ASSUNTOS DE DISCIPLINA	CORPO
3 - ASSUNTOS DE JUSTIÇA	CORPO
4 - ASSUNTOS DE SAÚDE	ANEXO
5 - ADMINISTRAÇÃO FINANCEIRA	CORPO/APÊN
6 - AUMENTOS AO EFECTIVO - PROVIMENTOS E POSSES	NIL
7 - PROMOÇÕES E GRADUAÇÕES	CORPO
8 - MUDANÇAS DE SITUAÇÃO	CORPO
9 - TEMPO DE SERVIÇO	NIL
10 - COMISSÕES, FUNÇÕES E CARGOS	CORPO
11 - CONCURSOS	NIL
12 - CURSOS, ESTÁGIOS E INSTRUÇÕES	CORPO
13 - CONVOCAÇÕES E COMPARÊNCIAS	NIL
14 - CONVITES	NIL
15 - DESPACHOS DE REQUERIMENTOS E DECLARAÇÕES	CORPO
16 - SEGURANÇA SOCIAL	NIL
17 - NOTAS BIOGRÁFICAS	NIL
18 - INGRESSO NAS CLASSES	NIL
19 - ASSUNTOS DIVERSOS	NIL
20 - MOVIMENTOS DE PESSOAL	ANEXO

OFI 81-1

A. EFECTUADOS:

ORIGEM	III	POSTO/QUAD/CL-R	APELIDO	DESTINO	SIT	DATA	OBSERVAÇÕES
DGF-RO	770084	STEN QP-ACT STF2	ROLOAO	ESC FUZILEIRAS	REF	200300714	
DGF-RO	753187	STEN QP-ACT STF2	MARTINS	CCF	REF	200300713	
DGF-RO	779184	STEN QP-ACT STF2	OLIVEIRA	GISA	REF	200300714	
DGF-RO	213886	STEN QP-ACT STJ	BARROSO	GRISUB	LOT	200300713	
DGF-RO	88566	CFR QP-RES AN	COSTA	DGF-RO	JTR	200300701	PROV / SIZIM
DGF-RO	88566	CFR QP-RES AN	COSTA	DGF-BRR	JIN	200300701	FORA/EFFECT.SERVIÇO
DGF-RO	9101503	CAD RC TEN	MARTINS	SSP-DAR	LOT	200300720	
DGF-RO	9101803	CAD RC TEN	RICHO	EMA-DIVISOR	REF	200300717	
DGF-RO	9101603	CAD RC TEN	AMATO	DIRENAVION	LOT	200300717	
DGF-RO	9101703	CAD RC TEN	ALMEIDA	DI	REF	200300717	
DGF-RO	4300103	ASPOF q SEN TEN	GUIMARÃES	DGF-BRR	JIN	200300720	PASSOU A RD
DGF-RO	4400203	CAD SEN TEN	PINTO	CENTRO MED NAVAL	REF	200300717	
EMA-DIVISOR	20079	CFR QP-ACT ECH	PAULO	ESC NAVAL	LOT	200300721	CRSSOU (ACU)
ESC NAVAL	22190	ITEN QP-ACT M	MOORINHA	FF COM 3 CAPELO	REF	200300720	
ESC NAVAL	25690	ITEN QP-ACT M	DIAS	FF COM 3 CABRAL	REF	200300720	
ESC NAVAL	500087	ITEN QP-ACT M	SANTOS	AOB BERRIO	REF	200300720	
FFGH V GAMA	21485	CTEN QP-ACT M	MIRANDA	DRINKLIS	LOT	200300709	CRSSOU (DIL)
FFGH V GAMA	20487	ITEN QP-ACT M	SCHMAL	DRINKLIS	LOT	200300709	CRSSOU (DIL)
FS J COOTINHO	4300103	ASPOF q SEN TEN	GUIMARÃES	DGF-RO	JTR	200300720	
FS-BAT2	28377	CFR QP-ACT FS	CAMPES	CCF	REF	200300717	
FS-BAT2	67379	CFR QP-ACT FS	MOREIRA	FS-BAT2	LOT	200300717	
GISA-EET	22391	ITEN QP-ACT EH-AEL	SIMÕES	GISA	ACU	200300714	
GISA-EMJ	21993	ITEN QP-ACT EH-MEC	GIL	FFGH V GAMA	REF	200300720	
GISA-ECO	21586	ITEN QP-ACT M	SILVA	DGF-RO	JAF	200388716	D/MEM-EET IBERIA(LOT)
HM	5275	CFR QP-ACT M	MADEIRA	LENG	REF	200300720	ALTA DO HM
HM	9100894	2TEN RC TEN	BRITO	ESC NAVAL	LXC	200388719	
MUSEU DE MARINHA	405887	ITEN QP-ACT AN	MIRANDA	FFGH A CABRAL	REF	200300717	
FB ESCORPIAO	22993	ITEN QP-ACT M	PIRES	FB SAGITARIO	DIL	200388721	
SSP-DAR	24186	CTEN QP-ACT AN	TRINDADE	SSP	REF	200300722	
SSP	49466	CALM QP-ACT M	TAVARES	DGF	LOT	200300716	

A) PROVENIENTE DE COMPARACÕES

Anexo B: Contrato de trabalho da Technogarden referente ao projeto “HHI Drillship” da Grenland Group

Anexo C: Contrato de trabalho da Aker Solutions referente aos projetos Tampen V&M e Gudrun Tie-in to Sleipner A

Anexo D: Referência do Líder de Disciplina do Projeto “Tampen”

**David Colclough,
Aker Solutions
Stavanger
26.08.2011**

Subject. Work Reference Nuno Miguel Pedro do Souto

Discipline: Electro

To whome it may concern;

Nuno Miguel Pedro do Souto worked as a Senior Electrical Engineer for Aker Solutions from Sept 2008 to October 2011. During this period he worked on a wide range of modification projects related to Statfjord, Snorre and Gudrun platforms. Nuno was an excellent colleague and co-worker, dependable, reliable, and likable.

I have no hesitation to recommend him for re-employment at a later date should the opportunity arise.

**For further information please contact me direct, by email or mobile.
david.colclough@akersolutions.com mob 94183350**

Regards

David Colclough,



**Instrument discipline leader Aker Solutions Norske Shell
(Former Discipline leader Electro/ Instrument/ Telecom Statoil Tampen Project.)**

Anexo E: Referência do Líder de Disciplina do Projeto “Gudrun Tie-in to Sleipner”

Nuno Miguel Pedro do Souto

Attestation

Name: Nuno Miguel Pedro do Souto

Company: Aker Solutions (Aker Elektro AS)

Project Assignment: Sleipner Mod. Portefølje (Gudrun tie-in to Sleipner)

Duration: August 2010 – September 2011

Position as Senior Electrical Engineer:

Nuno Miguel Pedro do Souto has worked as Package Responsible Engineer on a new 13,8kV High Voltage Switchgear and a 13,8/45kV step-up transformer w/OLTC dedicated for feeding electrical power to the Gudrun platform via a 55km HVAC subsea-cable. He has been responsible for preparing technical-specification & -requisition for the inquiry/P.O., technical bid evaluations, bid clarification and follow-up of the Suppliers. He has also been Discipline Task Responsible for preparing power supply to winch/HPU for pull-in of new risers. He has also been discipline responsible for related interface towards the Client, Gudrun topside Contractor, Switchgear- and Transformer Suppliers and Marine Contractor.

Nuno has shown theoretically expertise, worked thoroughly and carried out his work punctually to everybody's satisfaction. He has demonstrated very good skills on computer systems and has been a resource for the electrical project group. He is much appreciated by his colleagues.

Stavanger, 23.09.2011

Aker Elektro AS



Terje Kårstad
Electrical lead, Sleipner Mod. Portefølje

Anexo F: Referência do Líder de Disciplina da Aker Solutions

Aker Offshore Partner

Sluttattest

NAVN	FOØT
Nuno Miguel Pedro do Sunto	8.9.1979
ANSETTELSESTID	
Fra: 8.9.2008 Til: 30.9.2011	
STILLING/ARBEIDSKRÅDE/AVDELING	
GG-083-Electrical, Senior Engineer	
SISTE NÆRMESTE OVERORDNEDE	
Kristin Eide	
ARBIDSOPTGAVER	
Aker Elektro AS, Project: Sleipner, Position: Electrical Engineer, Client: Statoil Aker Elektro AS, Project: Tampen V&M, Position: Electrical Engineer, Client: StatoilHydro	
OVENNENNTE BEKREFTES	
	
<u>Eli Arndoy</u> sign.	<u>11.10.2011</u> dato

Anexo G: Contrato de trabalho da MDE referente ao projeto YME Re- development na Talisman Energy

Anexo H: Contrato de trabalho da MDE referente ao projeto “Norway Capital Project” na Aibel

Anexo I: Contrato de trabalho da ECN referente ao projeto “Winterisation” na North Atlantic Drilling

Anexo J: Referência do Gestor do Projeto “Winterisation” na North Atlantic Drilling

Attestation

Name: Nuno Miguel Pedro do Souto
 Company: North Atlantic Drilling
 Project: Winterisation Project – Kara Sea
 Position: Lead E&I Package Owner
 Duration: April 2013 – March 2013

By this letter, I am attesting that Nuno Miguel Pedro do Souto has been working since April 2013 as a Lead Electrical and Instrument Package Owner in the Winterisation Project that has the objective of preparing the drilling installation West Alpha to work in the Kara Sea in 2014.

His responsibilities in the project are as follows:

- Study of Temporary Generator
- Study of Reactive Power Compensator
- Prepare technical specifications for inquiry and purchase order of:
 - Reactive Power Compensator;
 - Transformer 440/220VAC;
 - 440VAC Distribution Board;
 - Heating of Escape and Essential Routes;
 - Modification of J211 area from HVAC Room to Electrical Room.
- Make technical bid evaluations and clarifications of above inquiries;
- Responsible for two electrical engineers and there scope of work, being that:
 - Check Illumination system;
 - Check EX Equipment Register;
 - Electrical installation of Anchor Winches Enclosures;
 - Changes to Fire & Gas System;
 - Changes to CCTV System.

Please contact the undersigned for any clarification or questions.

Yours Sincerely,



Derek Ferguson
 Project Manager
 West Alpha – Kara Sea Project