



COPPE/UFRJ

DETERMINANTES DA CARGA FÍSICA DE TRABALHO EM PLATAFORMAS DE
PETRÓLEO: O CASO DA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE PIG

Rafael René Leal Remiro

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientadores: Francisco José de Castro Moura
Duarte
José Marçal Jackson Filho

Rio de Janeiro
Abril de 2009

DETERMINANTES DA CARGA FÍSICA DE TRABALHO EM PLATAFORMAS DE
PETRÓLEO: O CASO DA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE PIG

Rafael René Leal Remiro

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Aprovada por:

Prof. Francisco José de Castro Moura Duarte, D.Sc.

Prof. José Marçal Jackson Filho, D.Sc.

Prof. Ronaldo Soares de Andrade, Ph.D.

Prof. Francisco de Paula Antunes Lima, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 2009

Remiro, Rafael René Leal

Determinantes da Carga Física de Trabalho em Plataformas de Petróleo: o Caso da Operação do Sistema de PIG / Rafael René Leal Remiro. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.

X, 143 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Francisco José de Castro Moura Duarte

José Marçal Jackson Filho

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2009.

Referencias Bibliográficas: p. 120-125.

1. Ergonomia. 2. Indústria de Processo Contínuo. 3. Plataformas *offshore*. I. Duarte, Francisco José de Castro Moura *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título

Dedicatória

À minha mãe Mariluz.

Agradecimentos

Ao Chico, pelo encaminhamento no “mundo acadêmico”, pela orientação e pela paciência.

Ao Marçal, pela orientação e pelo apoio dado, fundamental para o desenvolvimento da minha pesquisa.

À minha mãe, por tudo.

À minha tia Tereza, pelo apoio dado em momento tão difícil, pelo acolhimento, pelo carinho, pela atenção. Sua ajuda foi essencial para que pudesse terminar este trabalho.

Ao meu avô Manoel René e ao meu Tio Mario, engenheiros, e que de certa forma me influenciaram a estudar engenharia.

À Zui, pela amizade e pelo apoio dado, desde sempre.

À Fátima, pela atenção dispensada e pela ajuda dada sempre que precisei.

Ao Diogo pela ajuda nas tarefas de secretaria e pelos momentos descontraídos de conversa sobre futebol na G-209.

Ao Rogério, pelo “apoio informático”.

Às colegas de mestrado e doutorado, Carol e Gislaine, pela companhia nesses dois anos de projeto e já três anos de vida acadêmica e à Viktoryia, pela companhia nessa estrada.

Aos “novos” colegas de mestrado e doutorado. À Laís, pela sua companhia em jogos do Vasco, à Karol, pela ajuda dada ao desenvolvimento desta pesquisa, principalmente na análise dos dados fisiológicos. Ao Renato e Eduardo, pelas conversas sempre construtivas sobre as nossas pesquisas, que ajudaram a responder muitas de minhas inquietações.

À Nora pelo apoio dado à pesquisa e às condições em que a mesma se desenvolveu.

Ao Luciano, por apoiar à pesquisa, pela atenção dada ao assunto, pelos momentos de debate sobre a situação estudada nesta dissertação.

Ao Manoel, GEPLAT da plataforma na qual foi feita a pesquisa e aos operadores da mesma, que tiveram uma colaboração importantíssima para que pudesse cumprir o objetivo desta dissertação.

Aos professores Meirelles, Kamel e Mario Vidal que de alguma forma me orientaram desde a época da minha graduação.

Em especial à minha namorada Eunice, por me apoiar em todos os momentos que precisei, me motivar e me amar.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

DETERMINANTES DA CARGA FÍSICA DE TRABALHO EM PLATAFORMAS
DE PETRÓLEO: O CASO DA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE PIG

Rafael René Leal Remiro

Abril/2009

Orientadores: Francisco José de Castro Moura Duarte

José Marçal Jackson Filho

Programa: Engenharia de Produção

Esta dissertação aborda o trabalho de operação e manutenção em plataforma *offshore*. Tem como objeto de estudo o trabalho em um sistema de um FPSO (em operação na bacia de Campos, estado do Rio de Janeiro), abordado sob a perspectiva da análise ergonômica do trabalho. A pesquisa teve como demanda inicial as exigências físicas explicitadas pelos trabalhadores. A identificação e a análise dessas exigências evidenciaram basicamente quatro tipos de problemas: intensidade de esforço físico, exposição a fatores de risco de distúrbios musculoesqueléticos, excesso de deslocamentos por escada e dificuldades de acesso. Para avaliação mais precisa, a análise teve o suporte de uma ferramenta que integra dados fisiológicos sincronizados aos vídeos registrados das atividades, apresentando em maiores detalhes os riscos à saúde dos trabalhadores em plataforma, e permitindo estabelecer seus determinantes. Os resultados demonstraram que a penosidade do ambiente de trabalho em plataforma se faz presente na realidade observada, impondo problemas para a equipe de produção e de manutenção. Embora centrasse nas exigências físicas, a análise evidenciou também a periculosidade e revelou a dinâmica estabelecida entre as exigências da produção, o modo degradado de funcionamento e as estratégias coletivas elaboradas pelos operadores diante de problemas presentes na unidade desde o projeto ou diante de disfunções que começam a surgir com a degradação de alguns equipamentos.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

PHYSICAL WORKLOAD DETERMINANTS ON OFFSHORE PLATFORMS: THE
CASE OF PIG SYSTEM OPERATION

Rafael René Leal Remiro

April/2009

Advisors: Francisco José de Castro Moura Duarte
José Marçal Jackson Filho

Department: Production Engineering

This dissertation presents the work of operation and maintenance on offshore platform. The case studied is the work in a system of a FPSO (in operation in Campos basin, state of Rio de Janeiro) which was analyzed on the perspective of the ergonomic work analysis. The research had the initial request of physical demands imposed to the workers. The identification and the analysis of the request showed up basically four kinds of problems: intense physical effort, exposure to risk factors of musculoskeletal disorders, excess of displacements through stairs and problems of access. To attain a more precise evaluation, the analysis had the support of a tool that integrates physiological aspects synchronized to the videos of the activities, presenting in details the health risks to the workers in platform, establishing its determinants. The results showed that the hardness of the working environment in platform is present in the observed reality, resulting in problems for the operation and maintenance teams. Although the analysis focused on the physical demands, it showed up also the danger and revealed the established dynamic between the requests of production, the degraded mode of functioning and the collective strategies elaborated by the operators when faced with problems the unit presents since its construction or faced with dysfunctions that start to appear from the degradation of some equipments.

Sumário

INTRODUÇÃO	1
1 O TRABALHO NA INDÚSTRIA DE PROCESSO CONTÍNUO.....	5
1.1 A ATIVIDADE DO OPERADOR DE PROCESSO	7
1.2 A NOÇÃO DE ERRO HUMANO	12
1.3 O MODO DEGRADADO DE FUNCIONAMENTO	13
1.4 PENOSIDADE E CONDIÇÕES DE TRABALHO.....	15
1.4.1 <i>Problemas relacionados à atuação manual em válvulas.....</i>	<i>15</i>
1.4.2 <i>Exigências cognitivas</i>	<i>17</i>
2 A ERGONOMIA EM PLATAFORMAS DE PETRÓLEO	18
2.1 CONDIÇÕES DE TRABALHO EM PLATAFORMAS	22
2.1.1 <i>As exigências físicas do trabalho em plataforma e seus efeitos</i>	<i>23</i>
<i>A configuração dos turnos e escalas de trabalho e seus efeitos</i>	<i>25</i>
2.1.2 <i>Aspectos organizacionais e psicossociais do trabalho.....</i>	<i>26</i>
2.2 REGULAMENTAÇÃO, RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS PARA PROJETOS DE PLATAFORMA E O CASO DAS NORMAS NORSOK.....	28
2.3 INTERVENÇÕES E ABORDAGENS EM ERGONOMIA EM PROJETOS DE PLATAFORMA	32
3 METODOLOGIA.....	39
3.1 A ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO.....	39
3.2 PROCEDIMENTOS.....	40
3.3 A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA CAPTIV®.....	42
3.4 A APLICAÇÃO DOS DADOS DE FREQUÊNCIA CARDÍACA COMO INDICATIVO DE ESFORÇO FÍSICO	43
3.5 AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO A FATORES DE RISCO A PARTIR DAS MEDIDAS DE DESVIOS ANGULARES DO PUNHO.....	45
3.6 A ANÁLISE BASEADA EM VÍDEO EM ERGONOMIA.....	47
4 SITUAÇÃO ESTUDADA E RESULTADOS DA ANÁLISE.....	50
4.1 SITUAÇÕES DE PENOSIDADE EXPLICITADAS NA FORMULAÇÃO DA DEMANDA.....	50
4.2 O PROCESSO PRODUTIVO DE UM FPSO E O SISTEMA DE LANÇAMENTO E RECEBIMENTO DE PIG	53
4.2.1 <i>Descrição do processo de produção de um FPSO</i>	<i>53</i>

4.2.2	<i>A operação de passagem de PIG em linhas de poços produtores</i>	56
4.2.3	<i>Organização do trabalho na plataforma</i>	58
4.2.4	<i>Locais de trabalho e dispositivos do sistema de lançamento e recebimento de PIG</i>	60
4.3	CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ATIVIDADE DO OPERADOR DE PRODUÇÃO NO SISTEMA	64
4.3.1	<i>Descrição sistemática do lançamento e recebimento de PIG</i>	65
4.3.2	<i>A tarefa prescrita</i>	69
4.3.3	<i>As estratégias elaboradas pelos operadores com o objetivo de reduzir a carga de trabalho</i> 69	
4.3.4	<i>As exigências da produção e o controle sobre as perdas provocadas pela manobra</i>	71
4.3.5	<i>A periculosidade, o modo degradado e problemas para a operação</i>	72
4.3.6	<i>O “uso real” dos instrumentos e as estratégias elaboradas</i>	74
4.4	AS EXIGÊNCIAS FÍSICAS DA ATIVIDADE NA PASSAGEM DE PIG.....	75
4.4.1	<i>As exigências físicas e seus determinantes</i>	75
4.5	CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ATIVIDADE DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	88
4.5.1	<i>Descrição da atividade de manutenção preventiva</i>	89
4.5.2	<i>A tarefa prescrita</i>	90
4.5.3	<i>Descrição sistemática da atividade do mantenedor nos lançadores e recebedores de PIG</i> 91	
4.5.4	<i>As exigências físicas da atividade e seus determinantes</i>	92
4.5.5	<i>Necessidade de atenção e o cuidado para não “perturbar” o processo</i>	103
5	DISCUSSÃO E CONCLUSÃO	105
5.1	RECOMENDAÇÕES	111
5.1.1	<i>Recomendações para transformação da situação estudada</i>	111
5.1.2	<i>Recomendações para projeto</i>	113
5.2	LIMITES DESTA DISSERTAÇÃO	116
5.3	DESDOBRAMENTOS DA PESQUISA	117
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
	ANEXO I	126
	ANEXO II	127
	ANEXO III	129
	ANEXO IV	130
	ANEXO V	143

Introdução

Plataformas de produção de óleo e gás por todo o mundo, assim como o restante da indústria de processo contínuo (IPC), apresentam situações de trabalho penosas e muitos riscos de acidentes. A condição de isolamento em alto mar intensifica alguns dos fenômenos observados na IPC como, por exemplo, a periculosidade e o modo degradado de funcionamento (FERREIRA e IGUTI, 2003; FAVERGE, 1972).

Grandes acidentes fazem parte da história do setor *offshore*, como o desastre da plataforma Piper Alpha em 1988 no mar do norte e o da P-36 na bacia de Campos, estado do Rio de Janeiro, em 2001. Além disso, estudos ressaltam que as condições de trabalho – físicas, cognitivas e organizacionais – em plataforma contribuem para a ocorrência de incidentes (FREITAS *et al.*, 2001) e para o adoecimento da população (MORKEN *et al.*, 2007). Essas ocorrências revelam a necessidade de se estudar as condições operacionais e compreender seus determinantes de forma mais ampla.

O conhecimento desenvolvido sobre o trabalho na indústria de processo ou mais especificamente na indústria de petróleo (DANIELLOU, 1986; FERREIRA e IGUTI, 2003; DUARTE, 1994) demonstra os problemas de confiabilidade operacional e segurança, coloca em evidência as causas de acidentes e revela as causas de adoecimento da população de trabalhadores.

Os conceitos desenvolvidos em torno do debate sobre a IPC são essenciais para descrever os fenômenos, como, por exemplo, o modo degradado de funcionamento (WISNER, 1989; FAVERGE, 1972). Esse conceito permite evidenciar que na IPC raramente há uma situação normal e que, de uma forma ou de outra, todos os sistemas estão submetidos a: deterioração de equipamentos, presença de dispositivos de baixa qualidade, trocas freqüentes dos dispositivos, entre outros.

No setor *offshore*, o modo degradado de funcionamento se acentua diante da dificuldade de reposição de algumas peças ao mesmo tempo em que se intensifica a degradação dos equipamentos em função da exposição ao ambiente marítimo. De acordo com PAGENHART e Buset (1998), o alto custo associado às obras em

plataformas – introduzido por fatores como, por exemplo, custos de transporte e paradas de produção – restringe os reparos de forma significativa.

Todos esses elementos contribuem para a intensificação da variabilidade, que, cabe ressaltar, possui diversas outras fontes além das evidenciadas pelo conceito de modo degradado de funcionamento.

A variabilidade da produção é fenômeno normalmente subestimado pelos projetistas, que no caso da IPC, geralmente têm a noção de que somente duas situações caracterizam o estado de uma planta de processo: o estado dito normal e o estado de emergência (DE KEYSER, 1989). No entanto, a planta possui de fato diversos modos de funcionamento, aspecto que, ignorado no projeto, resulta em diversos problemas para a operação e manutenção da instalação, contribuindo para a falta de segurança e confiabilidade operacional.

Além desses problemas, as condições dos ambientes de trabalho da IPC e, em especial, do setor petroquímico, impõem exigências físicas que contribuem para o adoecimento da população, principalmente sob a forma de distúrbios musculoesqueléticos. Essa característica da indústria de processo se observa em estudos que evidenciam tais condições ou destacam a importância de se considerá-las no projeto do ambiente de trabalho (AMELL e KUMAR, 2001; ATTWOOD *et al.*, 2004; SATRUN, 1998).

A condição de penosidade também se observa em plataformas. Estudo epidemiológico sobre o setor *offshore* norueguês mostra que 47% dos casos de doenças relacionadas ao trabalho registrados de 1992 a 2003 foram distúrbios musculoesqueléticos (MORKEN *et al.*, 2007). Deste conjunto, destacam-se: 53% dos casos, que eram problemas nos membros superiores, 20%, na coluna e 16%, nos joelhos (esse último, de acordo com o estudo, em função do excesso de deslocamento por escadas). Os principais tipos de exposição reportados foram a carga física de trabalho elevada, o trabalho repetitivo e o deslocamento por superfícies irregulares e escadas.

O presente estudo aborda a questão da penosidade em plataforma e as duras condições (físicas) de trabalho em sua planta de processo. A análise dos esforços físicos

aqui apresentada está associada a outras dimensões e determinantes do trabalho que precisam ser compreendidas para a transformação efetiva das suas condições, a fim de reduzir os riscos de acidentes e aumentar a confiabilidade operacional. Em particular, observaram-se exigências cognitivas, aspectos de segurança e os constrangimentos temporais introduzidos pelas exigências de produção.

O objeto de estudo desta pesquisa¹ é o trabalho de operação e manutenção em um FPSO (*Floating Production Storage and Offloading*²) em operação na bacia de Campos. O sistema da plataforma estudado é o de lançamento e recebimento de PIG (*Pipeline Inspection Gauge*³) para limpeza em linhas de poços produtores.

O objetivo desta dissertação é analisar o trabalho dos operadores e mantenedores do sistema de lançamento e recebimento de PIG a fim de sugerir melhorias para suas condições de trabalho. Foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos para tal:

- Descrever as condições de trabalho e seus determinantes: organização, equipamentos, locais de trabalho e programação das tarefas;
- Descrever a atividade dos operadores e mantenedores (estratégias empregadas, raciocínios, esforços realizados, etc);
- Quantificar o esforço físico utilizando o sistema CAPTIV®⁴, presente nas atividades dos operadores e mantenedores, e associá-lo aos determinantes das mesmas;
- Propor sugestões de melhoria para a situação analisada e para projeto de futuras situações de trabalho.

¹ O estudo aqui apresentado se desenvolveu a partir de projeto de pesquisa coordenado pelo Prof. Francisco Duarte realizado em parceria entre o Programa de Engenharia de Produção da COPPE/UFRJ e o Centro de Pesquisas da Petrobras (CENPES).

² Unidade flutuante de produção, estocagem e transferência. Em muitos casos se faz a construção da unidade de produção em cascos de antigos navios, que são convertidos.

³ Um PIG de limpeza é um objeto que remove, através de ação mecânica, acúmulos de resíduos no interior de dutos. O acrônimo PIG faz menção ao tipo instrumentado, equipamento utilizado para inspeções de integridade dos dutos. O sistema de lançamento e recebimento de PIG, presente em plataformas de águas profundas, tem como função prover a limpeza das linhas de produção, diante do acúmulo de parafina no interior das mesmas.

⁴ A análise das atividades de trabalho no sistema foi realizada com o suporte de uma ferramenta que permite a avaliação fisiológica e biomecânica do trabalhador no curso da atividade de trabalho: o sistema CAPTIV®. Esse sistema permite a sincronização das imagens da atividade gravadas em vídeo com medidas fisiológicas (como, por exemplo, a frequência cardíaca e ângulos de desvios de movimentos articulares dos trabalhadores exercendo as atividades) e eventos codificados *a posteriori* (como, por exemplo, posturas adotadas, deslocamentos e equipamentos utilizados durante a atividade).

Esta dissertação está dividida em seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta revisão bibliográfica sobre o trabalho na IPC, com foco no setor petroquímico, apresentando conceitos relevantes para a análise apresentada.

O segundo capítulo situa a ergonomia no setor *offshore*, apresentando seus avanços nos projetos de unidades marítimas de produção de óleo e gás destacando as iniciativas norueguesas (KJÉLLEN, 1996; WULFF *et al.*, 1999; HØIVIK e THRONDSSEN, 2005) e, no Brasil, análises de plataformas em operação e intervenções em projetos (PESSANHA, 1994; GAROTTI, 2006; DUARTE *et al.*, 2007).

O terceiro capítulo apresenta o referencial teórico-metodológico da análise e os procedimentos empregados na pesquisa. São feitas considerações relativas à utilização do CAPTIV®.

O quarto capítulo apresenta a situação de trabalho estudada, a demanda inicial, os determinantes da operação e manutenção preventiva no sistema de lançamento e recebimento de PIG e os resultados da análise.

O quinto capítulo apresenta uma discussão sobre os resultados desta pesquisa, as recomendações elaboradas e as conclusões desta dissertação, evidenciando suas principais contribuições para a melhoria das condições de trabalho em plataforma.

1 O trabalho na indústria de processo contínuo

A indústria de processo contínuo (IPC) se faz presente em diversos setores industriais. De imediato, é comum se referir às indústrias químicas e dos setores de petróleo e de energia. Entretanto, outros setores também constituem a IPC, como, por exemplo, a siderurgia, a fabricação de papel e alguns segmentos da indústria agroalimentícia (DANIELLOU, 1986).

Do ponto de vista econômico, em especial no setor de petróleo, o papel que cumpre algumas instalações possui importância estratégica não só para determinada empresa, mas muitas vezes para um país. Essa importância é um condicionante macroestrutural (MACHADO *et al.*, 2000) que pode se apresentar na situação de trabalho sob a forma de exigências produtivas. Tais exigências afetam diretamente as atividades dos trabalhadores, impondo-lhes, por exemplo, pressões de tempo.

Observa-se então que as altas direções (das empresas ou do governo) que definem as metas de produção ignoram o alto potencial de acidentes da indústria (MACHADO *et al.*, 2000) e em quais condições de trabalho se desenvolvem a produção. Muitas vezes, as situações de trabalho submetem os trabalhadores não só à sobrecarga física, mas também mental, diante da excessiva quantidade de processos a acompanhar (DANIELLOU, 1986).

As indústrias de processo agrupam algumas características que a tornam ambientes de trabalho peculiares. Em primeiro, muitas das instalações contêm risco de acidente em proporções catastróficas (MACHADO *et al.*, 2000). Em segundo, seus sistemas são complexos. Por fim, seu funcionamento é ininterrupto – 24 horas por dia, sete dias por semana. Quando há paradas, ou ocorrem diante de emergências ou então são programadas para manutenção.

Desta forma, o conhecimento desenvolvido sobre o trabalho na IPC (DANIELLOU, 1986; FERREIRA, 2003; DUARTE, 1994) tem sido empregado para demonstrar problemas de confiabilidade operacional e segurança. Além disso, contribuiu para evidenciar as causas de acidentes de forma ampla se opondo a análises diretas de

causa e efeito, que nada contribuem para ações preventivas (MACHADO *et al.*, 2000). Por fim, podem revelar as causas de adoecimento da população de trabalhadores, identificando os elementos das situações de trabalho que contribuem para as mesmas. DANIELLOU (1986), por exemplo, argumenta que a catástrofe da central nuclear em Three-Mile Island, Pensilvânia, ocorrida em 1979, pode ser explicada a partir da distância existente entre o *estado real do processo* nos momentos que sucederam ao acidente e a *representação* que os operadores tinham do mesmo. Assim, o conhecimento sobre o trabalho permitiu evidenciar que a causa do acidente não foi necessariamente um erro isolado do operador quando, na verdade, o sistema não permitiu aos operadores enxergarem a tempo o que ocorria de fato.

Casos como esse ajudam a demonstrar que poderia ser cômodo para as organizações gerarem um laudo atribuindo à causa do acidente um erro do trabalhador, um desvio de conduta, ou uma decisão negligente, por exemplo. No entanto, afirmar que os operadores erraram nada esclarece (DANIELLOU, 1986). Além disso, limita as ações preventivas de re-projeto da situação, revelando-se como obstáculo para aumento de sua confiabilidade. É nesse contexto que se estabeleceu a noção de **erro humano**, (PERROW, 1984; DE KEYSER, 1989; WISNER, 1991), conceito que têm ajudado a compreender os acidentes em sistemas complexos.

Outro conceito que auxilia a compreensão e a descrição de problemas na IPC é o **modo degradado de funcionamento** (FAVERGE, 1972). Tal conceito se desenvolveu em estudos de antropotecnologia, permitindo evidenciar modos de funcionamento dos equipamentos transferidos aos países em vias de desenvolvimento (WISNER, 1985). Esses modos se definiam de forma diferenciada, pois não se consideravam os aspectos locais (geográficos, antropológicos, culturais, climáticos, etc) de uma indústria.

Esse conceito evidencia que na IPC raramente há uma situação dita ‘normal’ e que, de uma forma ou de outra, todos os sistemas estão submetidos a: aquisições de materiais de baixa qualidade, deterioração, trocas, modernização, etc. Em particular, interessa tal conceito ao estudo do trabalho em plataforma dada sua utilidade ao descrever a relação entre: falta de reposição de peças; a degradação em função do envelhecimento, mas intensificada pelo ambiente marítimo; e as atividades compensatórias dos operadores.

Por fim, a condição penosa de trabalho, um dos assuntos centrais desta dissertação, se faz presente na IPC. Em especial, interessa aqui evidenciar tal condição na indústria do petróleo. Exigências ou constrangimentos de outras naturezas, além das físicas, também são evidenciadas. Desta forma, destacam-se situações tais como o acesso e a orientação inadequados de volantes de válvulas (AMELL e KUMAR, 2001) ou as exigências cognitivas impostas aos operadores em função da centralização e automatização dos sistemas de controle (DUARTE, 1994).

1.1 A atividade do operador de processo

Na IPC, assim como em outros setores industriais, o funcionamento de uma instalação é caracterizado pela variabilidade. Segundo DANIELLOU (1986), para manter o funcionamento da unidade em conformidade com a lógica da produção, o operador recorre a todos os recursos disponíveis: sistemas e dispositivos de controle, os instrumentos, os saberes individuais e coletivos, as comunicações verbais, entre outros, com o objetivo de adequar ou manter a planta em um estado no qual prevaleça a normalidade.

Cabe ressaltar que nesses elementos se apresentam implicitamente três das quatro características do trabalho dos petroleiros identificadas por FERREIRA e IGUTI (2003): a *complexidade* (do sistema), a *continuidade* (da produção) e a *coletividade* (representada pelos saberes coletivos e pelas comunicações). A quarta característica identificada pelas autoras – que também se faz presente implicitamente pelo histórico de acidentes na IPC – é a *periculosidade*. O estudo apresentado pelas mesmas se realizou sob a perspectiva da análise coletiva do trabalho e abordou o trabalho em refinarias e terminais marítimos brasileiros. As quatro características mencionadas são apresentadas nos próximos parágrafos.

A periculosidade

Segundo FERREIRA e IGUTI (2003), a noção de perigo é um consenso entre todos os trabalhadores de indústrias petroquímicas. As principais fontes de perigo citadas são: o perigo de incêndios e explosões; os vazamentos de produtos tóxicos, que

podem matar instantaneamente, como, por exemplo, a liberação de H₂S (ácido sulfídrico⁵); riscos elétricos, em função da proximidade a painéis ou equipamentos com altas tensões e correntes; e riscos não específicos da indústria do petróleo, como altas temperaturas e ruídos elevados.

A complexidade

A complexidade emerge da dificuldade dos trabalhadores de se representar o estado real do processo e de se executar determinadas tarefas. FERREIRA e IGUTI (2003) caracterizam a complexidade a partir dos seguintes elementos:

- Grandes quantidades de variáveis de processo a se considerar em interação direta e indireta umas com as outras (as autoras apresentam a seguinte verbalização de um operador: “operação a cada instante é uma situação”);
- O caráter simbólico (e não real) das variáveis de processo. Entre o que é apresentado ao operador de sala de controle e o que se passa de fato no interior dos equipamentos, interpõe-se uma camada de tratamento das informações, também complexa, que são os sensores e instrumentos de medição;
- O caráter aleatório e imprevisível. As autoras sublinham que “as emergências são exatamente os resultados graves dessa imprevisibilidade do sistema”, que força os operadores a estarem vigilantes o tempo todo, evitando que pequenas falhas se tornem grandes problemas; Mencionam também a evolução lenta e “invisível” de um fenômeno. A abertura ou fechamento de uma válvula cujo efeito só poderá ser apreendido muitas horas depois;
- A simultaneidade de tarefas; e
- A complexidade das próprias tarefas.

Vale destacar que a complexidade não reside apenas no nível do sistema, mas também no nível das tarefas executadas por operadores e mantenedores.

A continuidade

⁵ São diversos os casos de morte relatados nas indústrias petroquímicas envolvendo acidentes. Essa substância é um gás que pode ser letal dependendo de sua concentração no ambiente. Uma propriedade relevante é que esse gás é mais denso que o ar e, portanto, em ambientes fechados, ele acaba se concentrando nas regiões mais baixas, não se dispersando por todo o ambiente.

Uma unidade industrial de processo, conforme FERREIRA e IGUTI (2003), é “como um corpo humano, que troca de cérebro (os operadores) várias vezes ao dia”. A produção não para e, portanto, os operadores revezam para acompanhá-la através de turnos. Por serem o “cérebro”, devem estar em harmonia e sintonia com o processo para não provocarem interrupções.

Essas exigências do caráter contínuo da indústria de processo têm efeitos perversos sobre o ciclo circadiano e a vida social e familiar do operador. Quando se passa a trabalhar durante a noite, seu relógio biológico interno fica atrapalhado, provocando alterações na vigília e no sono. Além do efeito biológico, muitas vezes os operadores não comparecem a eventos sociais e familiares, em função do horário de turno, constituindo dano às esferas conjugal, paternal (ou maternal) e afetiva em geral não só do trabalhador, mas também da sua família.

A coletividade

Nas indústrias petroquímicas, a coletividade pode ser evidenciada em um nível macro: a coordenação entre refinarias, terminais marítimos, centrais de abastecimento de energia. Em um nível intermediário, destaca-se a coordenação entre diferentes unidades de processo, os laboratórios, etc.

Mais próximo aos processos de produção, o caráter coletivo é evidenciado a partir das atividades e equipes de operação e manutenção. Segundo FERREIRA e IGUTI (2003), uma unidade de processo só funciona porque há uma equipe de pessoas distribuindo entre si as inúmeras tarefas que têm de ser feitas.

Ainda segundo as autoras, o caráter coletivo emerge de pontos de vista distintos e podem ser identificados nos seguintes elementos:

- A comunicação entre os operadores e o sistema de comunicação, composto de rádios e telefones espalhados pela unidade industrial;
- A caracterização de uma “linguagem operatória”, diferente da linguagem comum: seca, curta e cheia de termos operacionais, que só pode ser entendida por quem é da área;
- A composição da equipe, que deve ser integrada, agregando harmoniosamente saberes diferentes e acúmulos de experiência distintos;

- Um forte sentimento de unidade entre os integrantes da equipe, em função da natureza dos diversos serviços, que requerem comunicação constante e coordenação; e
- A criação de laços emocionais fortes entre as pessoas.

Soma-se a essas quatro características do trabalho na indústria do petróleo a já mencionada variabilidade. De acordo com DANIELLOU (1986), ela se revela na IPC através de situações nas quais se observam: a alternância do dia e da noite, a presença ou ausência de pessoal, as manobras programadas, as demandas dos clientes e fornecedores e os eventos imprevisíveis do processo.

Diante de todos esses elementos, evidencia-se que o trabalho do operador de processo não é uma mera execução de procedimentos. DANIELLOU (1986) faz a seguinte afirmação:

“(…) O trabalho real (dos operadores de processo) se define a partir dos objetivos a cumprir e dos métodos a empregar. Os operadores organizam suas atividades em função dos diferentes problemas a tratar, das urgências, de sua carga de trabalho em dado momento. Eles planejam suas ações e esse planejamento pode ser mudado em função da aparição de novos eventos.”

E da mesma forma que não é uma mera execução de procedimentos, o trabalho do operador de processo é, muito menos, repetitivo, o que se evidencia em uma das declarações dos operadores entrevistados por FERREIRA e IGUTI (2003):

“No começo você chega cheio de vontade, chega com o gás todo para conhecer. Aí, você vai aprendendo porque, na realidade, é o melhor setor que se tem para se trabalhar. (...) você não fica bitolado só numa determinada coisa, sempre tem coisa diferente que você está vendo, aprendendo, mexendo... Nunca um dia é igual a outro. Uma emergência nunca é igual à outra... Quer dizer, você tem que ser um pouquinho doido, para às vezes encarar essas coisas. Mas é uma realidade. É gostoso esse troço, precisa gostar do que

“você faz.”

De acordo com DANIELLOU (1986), a atividade dos operadores é essencialmente uma atividade de vigilância, na qual a qualquer momento podem surgir situações problemáticas. A vigilância visa à detecção de pequenos problemas antes que os mesmos se tornem graves. Ela tende a diminuir quando não ocorre evento algum durante longos períodos, o que pode acabar reduzindo a capacidade de alerta do operador. Em particular, é que o ocorre no turno da noite.

Por outro lado, há períodos de sobrecarga de trabalho caracterizados por perturbações simultâneas. Não que esses eventos sejam estranhos ao processo, conforme esclarece DANIELLOU (1986). Cada um deles, isoladamente, não apresenta dificuldades em particular. Trata-se somente da simultaneidade de vários eventos “banais”, que requerem memorização e organização do operador, em função das interrupções das manobras previamente em curso introduzidas pelos novos eventos. Assim, nessa alternância entre períodos calmos e períodos perturbados, a noção de média não faz sentido algum.

A construção da representação coletiva a partir dos indicadores informais

Outras duas características presentes na atividade dos operadores são a convivência com instrumentos ou sensores que podem falhar e o enriquecimento da representação coletiva do estado dos processos através dos indicadores informais (DANIELLOU, 1986; FERREIRA, 2003).

No primeiro caso, para diminuir a incerteza quanto ao estado real do processo, o operador confronta diferentes indicadores, a luz de sua formação e experiência. No segundo, as representações se valem da proximidade ao processo dos operadores de área e, principalmente, da apreensão sensorial que os mesmos realizam: a visão da fumaça que sai de uma chaminé, que fornece pistas do que ocorre no interior dos vasos ou caldeiras; a vibração de uma válvula sentida através do tato, que pode fornecer informações sobre o fluido; ou, ainda, situações de anormalidade que podem ser detectadas a partir do olfato (DANIELLOU, 1986).

Diante do que foi apresentado nesta seção, ressalta-se que a atividade do

operador de processo é, antes de tudo, uma atividade de vigilância e antecipação na qual:

- Há uma ininterrupta construção da representação do estado do processo diante de um sistema complexo e contínuo;
- A complexidade se apresenta tanto no nível do sistema quanto das tarefas;
- Os operadores convivem com falhas já esperadas ou inesperadas dos sensores;
- Há alternância entre períodos calmos e períodos perturbados;
- Há necessidade de indicadores informais; e
- Convive-se constantemente com a periculosidade.

Enfim, a atividade do operador de processo é uma luta para manter a produção ao mesmo tempo em que confrontam constantemente a periculosidade. Desta forma, esforçam-se também para “manter o controle” de todos os sistemas da instalação, mantendo, além da produção, a segurança do coletivo e toda sua integridade física.

1.2 A noção de erro humano

Conforme já mencionado, os acidentes de trabalho, em particular grandes acidentes fazem parte da história da IPC e do setor *offshore*. Embora em geral se conheça pouco do trabalho e do sistema sócio-técnico que o compreende, quando ocorre um acidente, incidente ou uma falha com conseqüências relativamente graves, a tendência é a de culpar o trabalhador através das causas mais aparentes e imediatas.

De acordo com WISNER (1991), pensar no erro humano como origem de acidentes é errado por três motivos. Primeiramente, porque todo acidente tem mais de uma causa. Em segundo, porque não é somente o operador, situado no final da cadeia hierárquica de um processo produtivo, o único a cometer erros. Se o erro é humano, ele também é dos projetistas e responsáveis pela gestão das empresas. Em terceiro, porque há falhas técnicas nos dispositivos que também estão na origem de acidentes.

A persistência na atribuição do fator humano como causa do erro é sempre duvidosa, pois oculta os outros fatores de risco que contribuem para a falta de

segurança. A reflexão em torno desses fatores levaria a uma profunda revisão dos sistemas (PERROW, 1984), o que acaba contribuindo para que a culpa recaia sobre o trabalhador.

De acordo com DE KEYSER (1989), mesmo em condições adversas, o homem é um elemento-chave da segurança e assim continua sendo mesmo diante do avanço tecnológico, pois tem a capacidade de decidir e julgar na incerteza frente a situações inesperadas. Além disso, a autora ressalta que não se deve considerar o homem isolado, mas sim a organização e o coletivo de trabalho: se essas duas entidades estão bem preparadas, elas reagirão bem frente aos problemas impostos pelo sistema.

Os atuais sistemas industriais geram riscos que excedem o limite da técnica, resultando em uma dificuldade (quando não impossibilidade) dos trabalhadores de dominá-los de modo global e planejado. Desta forma, os erros humanos “não seriam, em muitos casos, mais do que tentativas de regulação mal sucedidas, momentos em que a intervenção humana não pôde limitar o risco.” (DE KEYSER, 1989).

No caso da IPC, pode-se afirmar que a contribuição de um operador de processo para um acidente não é um erro, mas uma tentativa fracassada de se representar o estado do processo de um sistema complexo, que é o que se credita ao já mencionado acidente de Three-Mile Island (DANIELLOU, 1986).

É a partir de uma representação incompleta que a atuação dos operadores se torna ineficaz e permissiva aos acidentes, embora as ferramentas para se atingir o conhecimento do estado real do processo nem sempre estejam ao alcance dos mesmos.

Essa perspectiva sugere então que se deva repensar a concepção dos dispositivos técnicos, a organização do trabalho e a formação dos operadores. A concepção deve garantir que as condições de trabalho apresentem todos os recursos necessários para o operador representar os processos suficientemente bem para intervir no sistema de forma segura.

1.3 O modo degradado de funcionamento

O conceito de modo degradado de funcionamento surgiu para demonstrar casos

de inadequação antropotecnológica, nos quais uma tecnologia, em um processo de transferência, não se mostra adequada à população de trabalhadores, aos equipamentos locais e ao ambiente (fatores geológicos ou climáticos). O modo degradado que se verifica após um processo de transferência de tecnologia ocorre diante da “não-consideração de aspectos particulares do tecido industrial e social de cada região ou país” (WISNER, 1989), o que resulta em uma maior distância entre as condições teóricas de funcionamento e as condições reais.

Segundo DUARTE (1994), a deterioração dos equipamentos se revela como uma das principais fontes de variabilidade. Na verdade, ela intensifica os incidentes, aumentando a quantidade de incidentes ‘normais’ (provocados, por exemplo, por indicações falsas ou desregulagens de equipamentos) e acrescentando os que correspondem a uma situação degradada. O envelhecimento é um fator que contribui para a degradação, que acomete desde pequenas peças a grandes equipamentos. O controle sobre o envelhecimento poderia ser uma medida que auxiliasse na diminuição da variabilidade que tem como fonte as panes e os incidentes de usura. Vale ressaltar também que um fenômeno comum nesse modo de funcionamento de uma indústria, dada a desigualdade de vida técnica entre os equipamentos e dispositivos, é a catacrese⁶ (FAVERGE, 1972).

Embora a degradação dos dispositivos técnicos tenha um papel importante na caracterização do modo degradado de funcionamento, é importante sublinhar que esse conceito não se traduz somente pela deterioração. O modo degradado de funcionamento diz respeito à própria capacidade da indústria em um contexto localizado de reparar os equipamentos e obter peças de reposição, bem como se caracteriza pela “degradação” organizacional, pelas perdas de produção e de qualidade e pelas atividades que procuram resistir às perturbações do sistema (DUARTE, 1994).

Em uma plataforma de petróleo, a degradação acentuada pela exposição ao ambiente marítimo e pelas dificuldades de reposição de peças (PAGENHART e BUSET, 1998), os operadores desenvolvem atividades que buscam compensar as deficiências do sistema (DUARTE, 1994).

⁶ Um fenômeno de catacrese ocorre quando trabalhadores imprimem a componentes do sistema funções diferentes das quais foram projetados.

1.4 Penosidade e condições de trabalho

Embora os estudos sobre o trabalho na IPC evidenciem principalmente a dimensão cognitiva, as exigências físicas nas instalações de processo se fazem presentes, caracterizando situações de penosidade.

Estudo apresentado por THRONDSSEN e HØIVIK (2005) mostrou que as três principais doenças diagnosticadas na indústria de petróleo norueguesa são (em ordem decrescente de quantidade de casos): 1 – distúrbios musculoesqueléticos; 2 – Perdas de audição associadas a exposição ao ruído; e 3 – Problemas de pele.

São comuns situações que impõem aos trabalhadores exigências físicas severas, que resultam em desgaste físico e exposição a fatores de risco de distúrbios musculoesqueléticos. Exemplos dessas situações são os deslocamentos em excesso pela planta (GAROTTI, 2006) e os problemas relacionadas à atuação manual em válvulas (AMELL e KUMAR, 2001). As exigências físicas são apresentadas nas seções a seguir.

1.4.1 Problemas relacionados à atuação manual em válvulas

Estudos realizados em instalações industriais de processo (AMELL e KUMAR, 2001; WOOD *et al.*, 1999; WOLDSTAD *et al.*, 1995) demonstram que a atuação manual em válvulas envolve um conjunto de problemas que impõem exigências aos operadores. Apesar da automação crescente, há três razões para se interessar pela atuação manual: 1 – A válvula é o principal mecanismo de controle de uma planta de processo (MATHIAS, 2008). É por ela que se direciona o fluxo, determinam-se as vazões, limitam-se as pressões; 2 - O manuseio de válvulas é uma das tarefas que requer maior intensidade de esforço físico na indústria (AMELL e KUMAR, 2001); 3 - SHIH e WANG (1997) complementam que aproximadamente 50% de todas válvulas em uso atualmente sejam de operação manual, o que reflete o grande número de válvulas atualmente em instalações de processo do mundo todo.

Segundo AMELL e KUMAR (2001), freqüentemente as exigências impostas pela atuação aos trabalhadores excedem suas capacidades, em função de demandas

aeróbicas e de força física tanto em esforços isométricos (de rápida atuação) quanto em prolongados (atuação contínua). De acordo com os autores, os principais problemas e determinantes envolvendo manuseio são:

1. O alto esforço muscular isométrico (estático) para produzir o torque de quebra requerido pela válvula;
2. O esforço muscular contínuo para a completa atuação no curso das válvulas; o diâmetro do volante, que é também determinante do torque (quanto maior o diâmetro do volante, menor é o esforço requerido ao operador), além de possivelmente solicitar posturas dos braços;
3. Espessura do aro e a forma do volante, que afeta a pega⁷ e determina a capacidade de exercício de torque;
4. O posicionamento e a orientação do volante em relação ao operador (altura, ângulo de orientação e distância do mesmo);
5. Presença de instalações no entorno do dispositivo, impedindo melhor aproximação e acesso ao volante. A liberdade postural tem efeitos na capacidade de exercício de torque do operador. Quando restringido, aumenta seu esforço para produzir um torque que produziria com menor esforço. Não só a capacidade de exercício de torque é afetada assim como a restrição ao assumir posturas nas quais se poderia obter maior conforto ou alternar distintas posições de descanso e exercer maior força ao volante.

As lesões causadas pela adoção de posturas forçadas têm como principais agentes as atuações de longo período em válvulas e os altos torques requeridos para sua abertura e fechamento. A combinação desses três fatores também contribui para a exposição a fatores de risco de distúrbios de musculoesqueléticos na IPC (AMELL e KUMAR, 2001).

Alguns fatores que contribuem para a rigidez de manuseio das válvulas (ou, em outras palavras, para os altos torques isométrico e de atuação completa) são:

- O dimensionamento da classe de pressão da válvula em relação à aplicação (WOOD *et al.*, 2000);
- A vazão e a pressão da linha (PARKS e SCHULZE, 1998); e

⁷ O termo original em inglês é “grip”.

- No interior da válvula: a sua dimensão (que depende do tamanho da linha), a lubrificação da bucha, o aperto da gaxeta, a interferência das sedes de vedação. Conforme destaca CHIEN (2005), a lubrificação entre a bucha e a haste reduz a força de atrito. Assim, uma boa lubrificação ajuda a reduzir o torque necessário. O tipo de gaxeta utilizado e o aperto dado sobre ela podem dificultar o movimento da haste.

1.4.2 Exigências cognitivas

As exigências cognitivas se apresentam em função da complexidade do sistema e da complexidade das próprias tarefas na IPC (FERREIRA e IGUTI, 2003). A tendência de centralização, automatização e redução de efetivos na indústria de processo no final da década de 80 e início de 90 se destaca como fonte de aumento de tais exigências. Conforme mostra DUARTE (1994), houve a intensificação do trabalho do operador e se estabeleceram diversas situações de sobrecarga de trabalho.

Em particular, nas salas de controle, esse mesmo autor mostra que a introdução de tecnologia digital naquela época impôs aos operadores dificuldades como, por exemplo: a representação global do processo, que foi repartido em vistas parciais; os limites ligados à apresentação das tendências das variáveis de controle; e a avalanche de alarmes e os postos de trabalho mono-operador.

Para finalizar o debate sobre condições de trabalho e penosidade na IPC, cabe ressaltar que algumas situações de trabalho podem comportar a combinação do desgaste físico com esforços cognitivos simultaneamente à presença de outros estressores (iluminação inadequada, ruído, vibração, etc), conforme evidenciam ATTWOOD *et al.* (2004). Por fim, deve se ressaltar também que a proximidade constante ao perigo é uma intensa fonte de estresse.

2 A ergonomia em plataformas de petróleo

O setor *offshore* de produção de óleo e gás apresenta quantidade significativa de casos de doenças relacionadas ao trabalho (MORKEN *et al.*, 2007; THRONDSSEN e HØIVIK, 2005), cuja maioria se apresenta sob a forma de distúrbios musculoesqueléticos. O capítulo anterior (seção 1.4) apresentou algumas das duras exigências físicas impostas aos trabalhadores na IPC que contribuem para esses casos. Tais exigências se intensificam nas plataformas em função da grande concentração de ambientes (BOOTH e BUTLER, 1992), característica que também contribui para aumentar os riscos de acidentes.

Dentre os acidentes da história do setor *offshore*, destacam-se casos de maiores proporções como, por exemplo, os dois desastres na plataforma de Enchova. O primeiro, em 1984, resultou na morte de 37 pessoas e o segundo, em 1988, com a destruição do convés e da torre, resultou em prejuízos de 500 milhões de dólares. O maior desastre ocorrido, o da Piper Alpha em 1988 no Mar do Norte resultou no óbito de 168 dos 228 trabalhadores presentes naquela plataforma. Mais recente, o acidente da P-36, na bacia de Campos, em 2001, acarretou a morte de 11 pessoas. Conforme ressaltam FREITAS *et al.* (2001), esses graves acidentes envolvendo plataformas simbolizam o potencial de perigo existente nessas unidades.

Desta forma, a busca por alternativas para o setor visando à melhoria destas condições nos campos da saúde, segurança e ergonomia (tanto no que se refere à dimensão física quanto às dimensões organizacional e psicossocial) tem contribuído para o desenvolvimento de estudos envolvendo plataformas de petróleo nessas áreas do conhecimento. Com o objetivo de se obter uma representação do conhecimento disponível atualmente relativo à temática abordada nesta dissertação, um levantamento bibliográfico foi realizado e o mesmo é apresentado no Quadro 1. A busca foi realizada em dois periódicos de ergonomia (*Applied Ergonomics* e *International Journal of Industrial Ergonomics*), dois periódicos internacionais de segurança, e outros periódicos internacionais, todos disponíveis através do portal CAPES. A busca se realizou também nas bases de dados de duas instituições reconhecidas no setor de petróleo: a *Society of Petroleum Engineering* (SPE) e a *Offshore Technology Conference* (OTC). Buscaram-

se nessas bases publicações (em inglês) a partir das palavras-chave ‘ergonomics’ e ‘offshore’. Publicações em alguns anais de alguns congressos relacionados às áreas da saúde, segurança e ergonomia, tanto nacionais quanto internacionais, além de periódicos nacionais, também foram pesquisados. Por fim, adicionaram-se outras bibliografias encontradas ocasionalmente ou a partir das referências bibliográficas de outros artigos previamente pesquisados. Esse foi o caso das dissertações de mestrado, teses de doutorado e alguns relatórios internos de empresas do setor de petróleo.

Quadro 1 – Levantamento de publicações. Tema abordado: ergonomia em plataformas.

Periódicos internacionais	
<i>Applied Ergonomics</i>	15
<i>International Journal of Industrial Ergonomics (IJIE)</i>	3
<i>Safety Science</i>	25
<i>Reliability Engineering & System Safety</i>	9
<i>Work & Stress</i>	1
<i>Journal of Engineering Design</i>	1
<i>Journal of Risk Research</i>	2
Artigos da <i>Society of Petroleum Engineering</i>	153
Artigos da <i>Offshore Technology Conference</i>	19
Dissertações de mestrado (nacionais)	6
Teses de doutorado (nacionais)	1
Periódicos nacionais	
<i>Revista Produção</i>	1
<i>Revista Gestão & Produção</i>	1
<i>Caderno de Saúde Pública</i>	1
<i>Caderno de Pesquisas em Administração</i>	1
<i>Avaliação psicológica</i>	1
Publicações em congressos	
Internacionais	6
Nacionais	6
Outros meios de publicação	8
Total	260

A partir da análise dos títulos e resumos das publicações encontradas, os principais assuntos abordados foram agrupados e organizados. Essa compilação é apresentada no Quadro 2. Para grupo de periódico (cada linha do quadro, os assuntos são apresentados por ordem de relevância, ou seja, os mais mencionados acima).

Quadro 2 – assuntos abordados nas publicações

<i>Applied Ergonomics e International Journal of Industrial Ergonomics</i>	A consideração da ergonomia e das condições do ambiente de trabalho no projeto de plataformas; Aspectos psicológicos e o estresse dos trabalhadores; Riscos de acidentes; Aspectos fisiológicos.
<i>Offshore Technology Conference (OTC)</i>	A consideração da ergonomia e das condições do ambiente de trabalho no projeto de plataformas; Intervenções em projeto e abordagens desenvolvidas; Ambiente de trabalho, saúde e segurança; Oportunidades e vantagens resultantes da consideração da ergonomia, saúde e experiência operacional em projeto; Gestão da segurança em plataformas; Avaliação de riscos de acidentes.
<i>Society of Petroleum Engineering (SPE)</i>	Intervenções em projeto e abordagens desenvolvidas; Intervenções em projetos, abordagens sistemáticas, considerações sobre saúde e ambiente de trabalho; Recomendações e critérios de ergonomia para projetos; A consideração da ergonomia e das condições do ambiente de trabalho no projeto de plataformas; Programas de prevenção de lesões ocupacionais; Aspectos psicossociais; Segurança e acidentes; Avaliação de riscos de acidentes; A percepção de riscos de acidente por parte dos trabalhadores <i>offshore</i> ; Gestão de saúde e segurança ocupacional em plataformas; A relação entre a configuração dos turnos de trabalho e questões de segurança; A contribuição da ergonomia para redução do absenteísmo.
<i>Safety Science</i>	Riscos de acidentes e avaliação desses riscos em plataformas; A percepção de riscos de acidente por parte dos trabalhadores <i>offshore</i> ; Gestão de saúde e segurança ocupacional em plataformas; Aspectos organizacionais.
<i>Reliability Engineering & System Safety</i>	Riscos de acidentes em plataformas; Fatores humanos e organizacionais em plataformas; A contribuição de fatores humanos para prevenção de acidentes; Aspectos de segurança; e Gestão da segurança em plataformas.
Dissertações de mestrado e teses de doutorado, periódicos nacionais e congressos	A consideração da ergonomia em projetos de plataforma; Organização do trabalho em plataforma; Intervenções em ergonomia em projetos de plataforma; Aspectos fisiológicos, psicológicos e psicossociais; Acidentes de trabalho; e A terceirização de efetivos e sua relação com a saúde e a segurança.

Conforme se observa no Quadro 2, os assuntos relacionados a ergonomia e segurança em plataformas apresentam uma ampla diversidade da qual, diante do que propõe esta dissertação, este capítulo centra o debate em torno das questões relacionadas à situação estudada (apresentada no capítulo 4) e as consideradas relevantes para este estudo. O objetivo deste capítulo é abordar o tema ergonomia em plataformas de maneira ampla, estendendo o assunto a normas e às intervenções em projetos de plataformas.

Essas intervenções (ou abordagens) em projetos de plataforma têm como objetivo a melhoria das condições de trabalho, segurança, e eficiência operacional (SATRUN, 1998; PAGENHART e Buset, 1998; BJERKÅSHOLMEM e PAGENHART, 1997; THRONSEN e HØIVIK, 2005). Os altos custos diretos e indiretos de modificação de plataformas em operação (BJERKÅSHOLMEM e PAGENHART, 1997), as restrições, os riscos de obras e reparos em alto mar (PAGENHART e Buset, 1998), bem como a busca pela redução de casos de acidentes de trabalho (FREITAS *et al.*, 2001) e das já mencionadas doenças ocupacionais (WULFF *et al.*, 1999) são elementos que também revelam a necessidade das intervenções em projeto.

Outros fatores determinantes das condições do ambiente e da segurança do trabalho são o desconhecimento dos projetistas em relação à própria disciplina de ergonomia⁸ e à documentação de projeto (por exemplo, normas de ergonomia relacionadas à disciplina do projetista) (WULFF *et al.*, 1999; SKEPPER *et al.*, 2000). Contribuem para isso as severas restrições de prazo e a quantidade excessiva de documentos de projeto, bem como normas e regulamentos externos à empresa (WULFF *et al.*, 1999). Além disso, DUARTE *et al.* (2007) mostram que, dadas as restrições de prazo, as equipes de projeto tendem a copiar soluções de projetos anteriores, o que acaba por restringir a consideração do uso no projeto.

A elaboração de normas e orientações para projeto dos ambientes de trabalho em plataforma é outro assunto abordado pela literatura (WULFF e WESTGAARD, 1991; KJÉLLEN, 1996; THRONSEN e HØIVIK, 2005). Destaca-se a norma S-DP-002

⁸ Não se optou aqui neste capítulo fazer distinção restrita entre os termos fatores humanos e ergonomia. Algumas das publicações dão o mesmo sentido a ambos os termos.

“Working Enviroment” (NORSOK, 1996), cujos desenvolvimento e aplicação estiveram intimamente relacionadas à história do setor *offshore* na Noruega e das iniciativas que buscaram a melhoria das condições de trabalho nesse país.

2.1 Condições de trabalho em plataformas

Plataformas *offshore* são instalações complexas cujas atividades integram: a produção e armazenagem de óleo e gás a altas pressões; obras (de construção e manutenção); e perfuração de poços (BOOTH e BUTLER, 1992). Essas unidades marítimas operam distantes da costa, o que requer certo grau de autonomia, exigindo um conjunto de serviços tais como alimentação e alojamento das tripulações, fornecimento de energia elétrica, compressores e bombas, água, transporte para a costa (helicópteros ou barcos), meios para cargas e descargas, telecomunicações, serviços médicos, botes salva-vidas e outros meios de salvamento (FREITAS *et al.*, 2001).

Conforme destaca RUNDMO (1992), por suas características intrínsecas, o trabalho nas plataformas inclui ampla diversidade de atividades tais como partidas, paradas e redução da produção; manuseio de equipamentos e materiais perigosos; controle manual do processo; monitoramento da produção por sistemas supervisórios; manutenções preventivas e corretivas; limpezas de máquinas e equipamentos; transporte de materiais; operações manuais e mecânicas de levantamento de cargas; inspeções e testes de equipamentos; transporte marítimo e aéreo; cozinha; limpeza; construção e reforma; entre outras. Essa ampla diversidade de atividades faz com que as plataformas conjuguem de forma única os riscos típicos de muitas atividades de produção e manutenção.

Nesse complexo ambiente, no qual se desenvolve uma diversidade expressiva de atividades, as condições de trabalho que se apresentam muitas vezes não são adequadas, a começar pelas exigências físicas. De acordo com BJERKÅSHOLMEM e PAGENHART (1997), as experiências do Mar do Norte mostram que os efetivos embarcados estão expostos a várias doenças relacionadas ao trabalho (citam distúrbios musculoesqueléticos, doenças de pele e perda de audição como os três mais

representativos⁹), o que segundo os autores, sempre são causados por projeto inadequado (do ambiente). Além das exigências físicas, aspectos psicossociais e organizacionais também constituem as condições de trabalho em plataforma (SOUZA, 1996; PESSANHA, 1994).

2.1.1 As exigências físicas do trabalho em plataforma e seus efeitos

Conforme apresentado no Quadro 2, há reconhecimento na literatura sobre a consideração da ergonomia e condições do ambiente de trabalho em plataforma. Há também estudos estatísticos que evidenciam as doenças e através de entrevistas as associem com algumas de suas causas, bem como as atividades nas quais ocorrem (MORKEN *et al.*, 2007). Entretanto, poucos são os estudos que evidenciam de fato os elementos das condições do ambiente de trabalho, ou mais precisamente, os elementos das diversas situações de trabalho em plataforma que contribuem para a penosidade. Tal carência na literatura dificulta identificar o que seriam as exigências físicas em plataforma. Assim, antes de abordar as exigências físicas, considera-se a afirmação de WULFF e WESTGAARD (1991) em um estudo sobre a elaboração de especificações ergonômicas para projetos de plataforma:

“Nosso estudo revelou uma divisão marcante nas práticas (abordagens de análise de ambientes de trabalho) entre parâmetros facilmente quantificáveis, tais como ruído e iluminação, e, em contraste, parâmetros de exposição fisiológica relativos ao manuseio de cargas, aplicação de força e atuação prolongada de grupamentos musculares. Os parâmetros quantificáveis foram tratados de maneira muito mais consistente, embora as estatísticas de doenças ocupacionais indiquem que os parâmetros “não-quantificáveis” tenham maior relevância para a maioria dos problemas de saúde relacionados ao ambiente de trabalho em plataformas.”

Essa afirmação evidencia uma das dificuldades que se apresentam a análises dessas situações em plataformas e contribui, em parte, para tal carência na literatura. No

⁹ Conforme já mencionado, dados mais precisos com estes tipos de levantamento são apresentados por MORKEN *et al.* (2007) e THRONSEN e HØIVIK (2005).

entanto, alguns estudos sobre o trabalho na indústria de petróleo *onshore* (SATRUN, 1998; ATTWOOD *et al.*, 2004) fornecem indícios dos elementos que contribuem também para unidades *offshore*, dada a semelhança de algumas das características de ambos os tipos de instalações: a grande quantidade de válvulas, a presença de vasos, torres, escadas, painéis elétricos, etc. Essa semelhança pode se notar em grande parte da planta de processo e alguns sistemas de utilidades.

O capítulo 1 abordou a penosidade e as condições de trabalho na IPC (seção 1.4), mostrando que as principais fontes de exposição a fatores de risco de distúrbios musculoesqueléticos e desgaste físico são a atuação manual em válvulas, (rigidez de manuseio, alturas e orientações inadequadas de volantes, restrições à liberdade postural).

Em plataformas, observam-se os deslocamentos em excesso, tanto horizontais quanto verticais (por escadas). Conforme GAROTTI (2006), os deslocamentos em plataforma se intensificam diante da movimentação entre os módulos, necessidade de buscar ferramentas (localizadas distantes dos locais de trabalho) e da verticalização dos módulos, além do espalhamento dos dispositivos de um mesmo sistema – tais como válvulas e seus volantes – pela planta. O ruído também se intensifica diante da concentração de ambientes. Não somente a exposição do trabalhador ao ruído interessa avaliar, mas também o comprometimento da comunicação e da audição como recurso de tomada de informação na planta (SATRUN, 1998). Outro problema que se agrava é a configuração do horário e das escalas de trabalho *offshore*, que apresentam efeitos mais severos ao ritmo biológico do trabalhador (SOUZA, 1996).

Deslocamentos em excesso

Os deslocamentos em excesso são problemáticos em função da exposição a que submetem os membros inferiores dos trabalhadores, além do esforço físico adicional, que contribui para o desgaste. O já mencionado estudo realizado por MORKEN *et al.* (2007) no setor *offshore* norueguês, revelou que 20% dos casos de distúrbios musculoesqueléticos ocorrem nos membros inferiores, dos quais 60% são nos joelhos (12% de todos os casos de distúrbios musculoesqueléticos). GAROTTI (2006) observou que as localizações esparsas dos volantes de válvulas utilizadas por um operador em

uma mesma operação¹⁰ contribuíam significativamente para o aumento de deslocamentos. Embora o mais crítico sejam os deslocamentos por escada, foram observados também deslocamentos horizontais do operador principalmente para buscar ferramentas ou instrumentos adicionais. Segundo o autor, contribui para os deslocamentos a verticalização dos módulos da planta de processo. Tal tendência, estabelecida nos projetos e construção de módulos de plataforma, visam à redução de custos. Ressalta, por fim, que a desintegração entre os módulos resulta em faltas de rampas ou acessos que muitas vezes evitariam que os trabalhadores descessem e subissem escadas para se locomoverem de um módulo a outro de maneira desnecessária.

Ruído

Outro problema que se apresenta de forma acentuada em plataformas é o ruído gerado pelos equipamentos em funcionamento. De acordo com THRONSEN e HØIVIK (2005), perdas de audição diante da exposição a que os trabalhadores estão submetidos no ambiente de trabalho *offshore* são o segundo maior caso de doenças relacionadas ao trabalho.

Segundo SATRUN (1998), os efeitos do ruído devem ser avaliados não só pela exposição a que submete o trabalhador, mas também para garantir que possa escutar o que seja necessário na área. Esse autor destaca os seguintes elementos: comunicação verbal (rádio ou presencial); a inferência de informações relativas ao funcionamento dos equipamentos e do próprio processo através da audição (trata-se dos indicadores informais, conforme mencionado no capítulo 1); os próprios sons dos equipamentos projetos para fornecer informações a operadores; e alarmes de emergência.

A configuração dos turnos e escalas de trabalho e seus efeitos

Alguns dos efeitos dos horários de turno, exigência do caráter contínuo da produção (FERREIRA, 2003), também foram apresentados no capítulo anterior. Em plataforma, esses efeitos sobre os operadores se intensificam em função de dois principais motivos. O primeiro está relacionado às maiores cargas horárias diárias: em termos de horas de trabalho, o arranjo mais comum é o de 12 horas de trabalho para 12

¹⁰ Que é a mesma operação estudada nesta dissertação.

de descanso¹¹ (FREITAS *et al.*, 2001). Entretanto, de acordo com esses autores, a quantidade de horas frequentemente chega a 14, havendo postos de trabalho que podem chegar a 17 horas. Além disso, independente da modalidade, diversos trabalhadores ficam de prontidão mesmo em seus períodos de descanso. Em segundo, conforme destaca PESSANHA (1994) em seu estudo sobre operadores de produção na bacia de Campos, consideram-se as trocas semanais das equipes entre os turnos diurno e noturno (a chamada “virada”). O período de dias embarcado no mar e dias de descanso em terra normalmente é de 14/21¹² para as equipes de produção. Nos primeiros sete dias de uma equipe, ela trabalha no período diurno e na segunda semana – com o desembarque da equipe anterior e a chegada de uma nova que irá atuar no turno diurno – a mesma passa para o período noturno (é quando ocorre a “virada”). Segundo SOUZA (1996), essas inversões conduzem a um acúmulo de déficit de sono que levam não só à simples inversão do ritmo biológico, mas à sua deformação.

2.1.2 Aspectos organizacionais e psicossociais do trabalho

Conforme visto na seção anterior, a escala de trabalho impõe severas exigências fisiológicas ao trabalhador. Além dessas exigências, tal escala (na maioria das vezes de 14 dias) impõe outros constrangimentos tais como: o isolamento social, o convívio forçado e fatores intrínsecos à organização do trabalho que condicionam as suas relações.

O confinamento é uma das características do trabalho *offshore*. A proximidade de atividades diferentes como trabalho, alimentação, lazer, repouso e atendimento à saúde não favorece o relaxamento. SOUZA (1996) declara que:

“O trabalho em regime de confinamento dos trabalhadores *offshore* (plataformas marítimas, navios e submarinos) apresenta uma situação peculiar que é a de estarem em alto mar, não raro, há centenas de quilômetros da costa, durante um período de vários dias, o que lhes permite deslocarem-se apenas dentro de um espaço limitado. Vibrações, ruídos, conversas entre pessoas geralmente estão presentes em seus momentos de repouso, lazer ou refeições.”

¹¹ Configuração que se observou na situação estudada nesta dissertação.

¹² Escala observada na situação estudada nesta dissertação.

As condições de lazer e descanso, resultantes da falta de consideração sobre o uso nos projetos das acomodações podem determinar situações precárias. Um exemplo é a situação que se apresenta na declaração de um engenheiro no estudo de PESSANHA (1994):

“Eles fizeram com que... como filosofia a maioria deles, que todos os serviços fossem feitos lá em cima, lá no mar, é como se desconsiderasse a terra e fizesse no mar, isto resultou em 200 pessoas de efetivo. A gente ia para uma plataforma destas, o desconforto, porque você estar confinado com conforto é uma coisa, agora você estar confinado, quase batendo cabeça um com outro, quase com cama quente e com muitas pessoas em lugar fechado é horrível, você tinha que dizer às 11 horas é a primeira turma de almoço, outra às onze e meia, porque senão não dava. Era horrível.”

Além de questões relativas ao confinamento, constrangimentos também são introduzidos pelo isolamento. Destaca-se a sensação dos operadores de possuírem duas vidas (PESSANHA, 1994): uma profissional (embarcado) e outra pessoal (desembarcado): “é como se uma retirasse o tempo da outra.”. O autor ressalta as frustrações dos operadores diante da falta de compreensão de familiares e amigos com relação ao trabalho embarcado, no qual vivenciam angústias, ansiedades, o medo de acidentes (além da penosidade em muitas das situações de trabalho, conforme já mencionado). Tal desconhecimento dos familiares contribui, conforme ressalta SOUZA (1996), para problemas no âmbito familiar. De acordo como esse mesmo autor, outras duas imposições à vida do trabalhador *offshore* são a dificuldade de continuidade dos estudos e a dificuldade de integração social.

Os constrangimentos impostos pela organização do trabalho também são relevantes ao se tratar das condições de trabalho em plataforma. Destacam-se os turnos fixos, que reforçam a convivência e as interações obrigatórias entre determinados integrantes das equipes (pois diferente do trabalho em terra, os trabalhadores não são forçados a conviver também nos momentos de descanso, lazer e alimentação), o que contribui para o estabelecimento de relações duradouras tanto de afinidade quanto de inimizade (SOUZA, 1996). Outros constrangimentos relacionados à organização do

trabalho se revelam a partir dos seguintes elementos: a estrutura de comando ou hierarquia, o controle sobre a produção, a avaliação de desempenho, o controle do comportamento através da aplicação de normas disciplinares, os estilos gerenciais, as modalidades e qualidades das comunicações, além das próprias regras de convivência, como horários, procedimentos, utilização dos recursos disponíveis, etc (SOUZA, 1996).

Por fim, a periculosidade, característica da IPC (FERREIRA, 2003) conforme já apresentado nesta dissertação, contribui para o estresse do trabalhador. Em plataforma, outras fontes de risco que preocupam os trabalhadores se apresentam como, por exemplo, o transporte por helicópteros (SOUZA, 1996). Em fevereiro de 2008, um acidente na bacia de Campos envolvendo esse tipo de transporte resultou na morte de cinco pessoas. Outra fonte de preocupação é a própria localização em alto mar, diante dos riscos que isso representa. Um exemplo de situação de risco é ficar em baleeiras ou botes salva-vidas em caso de evacuação de emergência.

2.2 Regulamentação, recomendações ergonômicas para projetos de plataforma e o caso das normas NORSOK

Conforme visto nas seções anteriores, diversos são os fatores que contribuem para o surgimento de iniciativas que envolvem, por parte das companhias, a elaboração de recomendações ou especificações em ergonomia, ambiente de trabalho ou de outra natureza (mas que de alguma forma considera a experiência operacional). Por parte das instituições responsáveis ou do governo (possivelmente envolvendo movimentos sindicais), fica a responsabilidade de criar regulamentos para o setor, principalmente nas áreas da saúde e segurança.

No Brasil, não há regulamentação específica para o setor *offshore*, embora seja obrigatória, em projetos de plataforma, a aplicação de normas da ABNT, ANVISA, Ministério do Trabalho, entre outras. Na Noruega (outro país com exploração *offshore* representativa), o *ato de proteção ao trabalhador* de 1977, mas que só passou a valer em 1979, teve repercussões contribuindo para a elaboração de diversos regulamentos das autoridades de segurança. Graças à integração entre autoridades governamentais, sindicatos dos petroleiros e companhias (operadoras e projetistas), foram elaboradas as

normas NORSOK, tida como referência no setor *offshore*. Tais normas fizeram parte de uma iniciativa cujo propósito era estimular a competitividade da Noruega no Mar do Norte. As normas não focavam somente em saúde, meio ambiente e segurança e ambiente de trabalho. No meio industrial, essa iniciativa envolveu as empresas de petróleo, contratadas e fornecedores. A idéia inicial era desenvolver um conjunto de padrões técnicos que substituíssem as especificações das empresas (a harmonização das especificações é um elemento importante para redução significativa de custos dos projetos *offshore*). Dentre as normas NORSOK, destaca-se aqui a S-DP-002 “Working Environment” (NORSOK, 1996), que remonta um histórico de elaboração de especificações para ambientes de trabalho na indústria norueguesa.

O início da elaboração de especificações em ergonomia e a criação das normas NORSOK na Noruega

O desenvolvimento de prescrições relativas a condições de trabalho e ergonomia para plataformas se iniciou em um projeto de desenvolvimento de especificações para a indústria *offshore* norueguesa. O mesmo foi iniciado em 1990 pela Associação Norueguesa da Indústria de Petróleo (*Norwegian Oil Industry Association*) (WULFF e WESTGAARD, 1991).

Em parte, o desenvolvimento de tais especificações foi uma consequência das novas políticas adotadas pela NPD (*Norwegian Petroleum Directorate*¹³) naquela época. Tais políticas determinavam a supervisão do projeto de ambiente de trabalho, principalmente através de mecanismos de controle que buscassem a garantia de qualidade em saúde e segurança.

O projeto foi impulsionado pela inadequação das normas vigentes. Os requerimentos fornecidos pela NPD eram muito genéricos, o que dava margem à subjetividade na definição do que seria “um bom ambiente de trabalho” para as empresas. Os autores ressaltam que nos projetos era dada maior atenção a regulamentos na área de segurança, porém dava-se pouca atenção aos aspectos físicos e psicossociais do trabalho. Além disso, as normas internacionais – ISO, DIN, BS – além de se apresentarem genéricas, eram muitas vezes inadequadas ao ambiente *offshore*.

¹³ Agência norueguesa regulamentadora do setor de petróleo

O projeto se dividiu em três fases, com um ano de duração para cada uma. Na primeira fase, realizou-se levantamento das práticas e documentos de projeto com requerimentos em ergonomia das quatro empresas de petróleo norueguesas (as operadoras). O estudo revelou uma profusão de práticas e critérios heterogêneos do que é aceitável ou não em ergonomia. Revelou também que havia um longo tempo no projeto entre a detecção de uma falha e a implementação de sua solução.

A segunda fase, iniciada em setembro de 1991, consistiu da formulação de novos requerimentos para projeto. Formou-se um grupo com especialistas das quatro empresas de petróleo (operadoras) junto às contratadas envolvidas em projetos de plataforma (os autores ressaltam que não foi realizada análise da tarefa ('job analysis')). As informações sobre o uso foram originadas da experiência de alguns projetistas sobre o ambiente *offshore*. A terceira fase foi o teste de aplicação dos requerimentos em um projeto em curso.

As experiências nessa iniciativa revelaram que a transferência de conhecimento baseado no uso só ocorria quando havia representantes dos usuários envolvidos no projeto. Contudo, esse envolvimento era altamente dependente da disposição e da boa vontade das próprias pessoas. Segundo os autores, as considerações técnicas e econômicas, bem como as de segurança, eram prioritárias em relação ao ambiente de trabalho. A partir daquela época a ergonomia e o ambiente de trabalho começaram a ganhar importância no NPD.

Em 1994, aproximadamente um ano após o encerramento do projeto iniciado pela Associação Norueguesa da Indústria de Petróleo, iniciava-se o desenvolvimento da NORSOK S-DP-002 "Working Environment" (NORSOK, 1996), envolvendo agora três das quatro companhias operadoras de petróleo norueguesas. Uma versão preliminar dessa norma foi enviada às autoridades e a outras empresas do setor, incluindo contratadas e fornecedores. A primeira revisão da norma foi emitida em dezembro daquele ano, tendo aplicações em projetos *offshore* iniciados em 1995. A segunda revisão foi emitida em janeiro de 1996 (algumas considerações sobre o conteúdo desse documento serão apresentadas mais adiante).

Cabe ressaltar que, em paralelo ao desenvolvimento da norma, um regulamento lançado pela PSA (Autoridade de Segurança do Petróleo) em 1995 estabeleceu o acompanhamento sistemático do ambiente de trabalho no setor (THRONSEN e HØIVIK, 2005). A partir daquele momento, as operadoras ficaram obrigadas a desenvolver requisitos específicos para o ambiente de trabalho a partir da mesma. Esse regulamento foi revisado em 2002.

Com base em resultados da experiência da aplicação NORSOK S-DP-002 “Working Environment” (NORSOK, 1996) em dois projetos *offshore*, KJELLÉN (1996) ressalta elementos importantes introduzidos pela sua utilização. Destacam-se a maior cooperação entre empresas, contratadas e fornecedores, bem como a redução da quantidade de documentação de projeto. Além disso, havia também a expectativa de que os fornecedores passariam a ter maior responsabilidade no detalhamento e desenvolvimento de soluções técnicas.

Consta como objetivo dessa norma “garantir que o projeto da instalação promova a qualidade do ambiente de trabalho durante a fase operacional.”. O documento apresenta princípios de projeto relacionados ao ambiente de trabalho como, por exemplo, dimensões físicas do ambiente permitindo aos trabalhadores posturas satisfatórias e acesso adequado a equipamentos durante as tarefas. As especificações também cobriram as seguintes áreas: proteções técnicas (por exemplo, proteções para superfícies quentes e invólucros para contenção de ruído), produtos e substâncias químicas, ruído e vibração, iluminação, operações em ambientes abertos¹⁴ e exposição à radiação (diante de fontes de radiação eletromagnética).

Além das normas e orientações prescritivas, o documento apresenta também exigências de procedimentos de controle e verificação em projeto para garantir que esses princípios sejam implementados. Métodos de avaliação em projeto são estabelecidos e, cabe ressaltar, devem ter a participação de usuários.

KJÉLLEN (1996) ressalta que essa dualidade da norma – por um lado, prescritiva ao apresentar especificações detalhadas de áreas diversas, por outro, atender

¹⁴ Cabe ressaltar que na Noruega as condições climáticas em alto mar são muito mais severas do que, por exemplo, na bacia de Campos.

às exigências de controle e de avaliações do ambiente de trabalho sendo concebido – segundo o autor só amadureceu na sua segunda versão (janeiro de 1996).

THRONDSEN E HØIVIK (2005) também sublinham que essa dualidade da norma, segundo os autores, dificulta a sua aplicação e torna a intervenção trabalhosa. Por outro lado, ressaltam que, com o passar do tempo, essas exigências acabaram gerando uma alta capacitação no setor *offshore* que, conseqüentemente, permitiu obter excelentes resultados nas plataformas norueguesas.

KJÉLLEN (1996) conclui em seu estudo que o estabelecimento da norma promoveu a atenção ao ambiente de trabalho com aceitação das contratadas e fabricantes, que passaram a atender satisfatoriamente as expectativas. A experiência operacional passou a ser incorporada sistematicamente aos projetos e a redução significativa de custos foi obtida em algumas atividades. Para melhores resultados, era ainda necessário que contratadas e fabricantes adquirissem mais experiência com os novos padrões. Métodos para compilação sistemática do ambiente de trabalho em operação e a passagem desse conhecimento aos projetos requereriam maiores desenvolvimentos.

2.3 Intervenções e abordagens em ergonomia em projetos de plataforma

Conforme visto nas seções anteriores, a importância das intervenções em projeto é fundamental para garantir a qualidade das condições de trabalho nos aspectos físicos e psicossociais abordados, além das condições de segurança. Em especial, destacam-se as condições do ambiente de trabalho, diante dos riscos de pequenos acidentes e da exposição a fatores de risco ocupacionais.

Em relação à situação de projeto de plataforma, estudos mostram os fatores que contribuem para a não consideração do uso e das condições de trabalho. Já foi mencionado que as imposições de prazo contribuem para as equipes de projeto copiarem soluções de projetos anteriores (DUARTE *et al.*, 2007). Nesse processo de cópia, a reflexão sobre o uso e condições de trabalho futuras é colocada de lado. WULFF *et al.* (1999) destacam que a grande quantidade de normas em ergonomia criam risco de sobrecarga de informação e conseqüentemente contribui para que as

especificações também sejam ignoradas.

Segundo os autores, a quantidade crescente de padrões desenvolvidos para a indústria contabilizava, na época em que foi feita a pesquisa, mais de 50 normas em ergonomia sendo desenvolvidas pelas instituições de normas européias e internacionais. Tais normas, ou pelo menos, a parte relevante das mesmas, junto a especificações técnicas e outras diversas outras exigências do cliente devem ser consideradas pelos projetistas. Isso resulta em um montante total de especificações incompatível com a capacidade individual de processamento de informação dos engenheiros projetistas, o que muitas vezes os impossibilitam de agregá-las ao projeto. Contribui também para essa situação a presença de informações conflitantes entre diferentes conjuntos de especificações.

Diante dessas restrições impostas à consideração do uso em projetos de plataforma, reforça-se a necessidade de acompanhamentos das condições em trabalho nas diversas etapas do projeto, tal como a abordagem apresentada por THRONDSSEN e HØIVIK (2005). Nela, os possíveis riscos à saúde e as condições do futuro ambiente de trabalho são avaliados sistematicamente durante o projeto de plataformas. Atualmente, requisitos específicos são estipulados em contratos entre a companhia operadora e as projetistas e construtoras da plataforma, que são: ameaças físicas, biológicas e químicas, ergonomia, insalubridade e higiene industrial. O estabelecimento desses requisitos contribui para o caráter multidisciplinar das intervenções. Segundo os autores, nas primeiras, empregavam-se profissionais da área da saúde (fisioterapeutas, higienistas ocupacionais, médicos), que cursavam disciplinas de engenharia relacionadas à indústria do petróleo. Com o passar do tempo, providenciou-se treinamento em saúde e ambiente de trabalho a engenheiros e outros projetistas.

Os autores compartilham a visão de que para que essas intervenções gerem resultados satisfatórios, são necessárias pessoas com experiência em desenvolvimento de projetos no setor *offshore* e conhecimento dos possíveis riscos de saúde. É fundamental que haja o envolvimento da gerência e a compreensão, por parte da gestão do projeto como um todo e de cada líder das diversas disciplinas, de que o momento das ações de mitigação e avaliação dos riscos é essencial. Recursos e tempo suficiente devem estar disponíveis para a análise do ambiente de trabalho e avaliações. WULFF *et*

al. (1999) destacam que para efetivamente se realizarem no projeto, as especificações devem ser suportadas por um ou mais especialistas em ergonomia envolvidos de forma ativa no projeto.

Os principais resultados obtidos (nesses mais de vinte anos de abordagem das condições de trabalho em projeto), segundo THRONSEN e HØIVIK (2005), são: 1 - o estabelecimento do acompanhamento sistemático da concepção e do ambiente de trabalho; 2 - os acessos tanto para operação quanto para manutenção são bons, em função da grande importância dada às condições ergonômicas; 3 - há muitas facilidades para a movimentação de cargas, que é muito bem analisada nos projetos; 4 - proteção climática passou a ser fornecida a todas as instalações; 5 - substâncias químicas perigosas são substituídas sempre que possível. São utilizados também sistemas fechados e sistemas de ventilação para sucção; 6 - a interface homem-máquina nos sistemas e sala de controle foi melhorada.

Os principais resultados que o setor ainda busca são: 1- avaliação de impacto à saúde em um estágio inicial do projeto; 2 – de forma geral, o envolvimento mais cedo no projeto; 3 - avaliação do levantamento manual de cargas, desenvolvimento de educação, treinamento e melhoria; 4 - substituição de substâncias químicas perigosas (apesar de ter havido muitas mudanças, esta questão ainda requer maior atenção nos projetos); 5 - redução da exposição ao ruído; 6 - aperfeiçoar e incorporar a aplicação de fatores humanos de forma a reduzir as possibilidades de erro e suas conseqüências.

Os autores concluem que as técnicas e a experiência desenvolvidas na indústria de petróleo norueguesa para projetar um ambiente de trabalho saudável provaram dar resultados. O foco nas possíveis ameaças e riscos ao ambiente de trabalho é o caminho para se alcançar as metas. Ressaltam, por fim, que diferentes caminhos e maneiras de se realizar a abordagem podem existir, mas é fato que uma intervenção deve ser realizada no projeto.

Os mesmos autores citados anteriormente descrevem em outra publicação (HØIVIK e THRONSEN, 2005) quatro técnicas de análises desenvolvidas na Statoil, maior empresa do setor de óleo e gás da Noruega. São elas:

1. Análise da situação - procedimento sistemático para avaliar o atual status dos fatores humanos em uma situação/ambiente de trabalho. Considera fatores como: ambiente físico de trabalho, interfaces de usuário, colaboração e carga de trabalho. A análise deve revelar soluções preexistentes e avaliar o que funciona bem e o que precisa ser melhorado. O principal objetivo da análise é avaliar a situação em relação aos regulamentos, mas também evidenciam outros elementos críticos que servem de base para as outras três técnicas de análise apresentadas adiante.
2. Alocação e análise funcional - identifica e documenta sistematicamente as funções de um sistema quebrando-as em subfunções. Essencialmente, documenta o que o sistema é capaz de fazer. A alocação funcional é usada em sistemas interativos para atribuir funções ao trabalhador ou a sistemas automatizados ou decidir se as funções serão compartilhadas. O propósito dessa análise é fornecer uma representação enriquecida das funções do sistema de forma a garantir que todas as suas filosofias sejam consideradas.
3. Análise da tarefa - “estudo sistemático do que os usuários fazem para realizar a tarefa tanto em termos de ações físicas quanto de trabalho/processamento mental (cognitivo)”. Para os autores, “análise da tarefa” é um termo coletivo da literatura e cobre um grande número de técnicas. Geralmente, busca-se um método sistemático para descrever e estruturar o comportamento observável do usuário durante a tarefa, que permite evidenciar também os processos mentais (planejar, resolver problemas, tomar decisões). O propósito dessa análise é garantir que as tarefas sejam compreendidas adequadamente e que as necessidades dos usuários sejam identificadas para que possam ser estabelecidas. “Sem a análise da tarefa, há uma representação incompleta das mesmas e, conseqüentemente, o processo e ambiente de trabalho não irão dar suporte ao usuário.”
4. Análise da carga (mental) de trabalho - análise do quanto de atenção para executar uma ou várias tarefas demandam do operador que as execute. O propósito é garantir que não haja sub ou sobrecarga mental de trabalho. A carga de trabalho não é uma dimensão única e tem influências de diversos fatores: pressão de tempo, experiência e prática, conhecimento do sistema, complexidade da tarefa, operações simultâneas, etc.

Ergonomia em projetos de plataformas no setor *offshore* brasileiro

Raros são os estudos sobre intervenções de ergonomia em projetos de plataforma no Brasil. Duas foram as publicações encontradas que abordaram esse assunto. Na primeira, MAIA (2002) apresentou a contribuição da ergonomia ao projeto de uma sala de controle de um FPSO. Na outra, DUARTE *et al.* (2007) apresentaram estratégias de intervenção para projetos de plataforma no Brasil, evidenciando o papel do ergonomista em equipes de projeto.

O estudo de MAIA (2002) evidenciou a contribuição da ergonomia ao projeto de salas de controle de plataformas. O estudo se desenvolveu em uma intervenção em projeto da sala de controle de um FPSO, que incluía também a área de instrumentação. Nesse projeto, engenheiros da companhia operadora acompanharam todo o seu desenvolvimento e execução. Houve a participação de futuros usuários que tinham experiência operacional. Em especial, o futuro GEPLAT (gerente da plataforma) do FPSO era responsável pela parte de instrumentação e pela sala de controle. A participação dos futuros membros da equipe operacional desde o início do projeto até sua execução foi uma das estratégias empregadas.

A metodologia empregada nessa intervenção se constituiu basicamente de: 1 - análise de normas ergonômicas, em especial as normas ISO 11064; 2 - reuniões e entrevistas com operadores e engenheiros; e 3 - Visitas a duas plataformas em operação para acompanhar as atividades nas salas de controle.

As análises das duas salas de controle das plataformas em operação evidenciaram os principais elementos a se considerar no projeto para o novo FPSO: as comunicações (frequência e conteúdo) entre as diferentes equipes, o número de pessoas presentes nas salas de controle em diferentes situações típicas, a utilização de sistemas de controle, os diferentes tipos de comunicação a rádio e outros tipos de instrumentos. Tais elementos, observados a partir de uma situação real de trabalho, foram decisivos para sustentar as argumentações em torno das soluções propostas pela equipe de ergonomia.

MAIA (2002) avaliou também a utilização de ferramentas para simulação do

trabalho, como as maquetes eletrônicas (3D). Em especial, analisou no projeto a contribuição de um sistema para geração e interação de ambientes 3D. A sala de controle, após a conclusão do projeto ergonômico, foi modelada e inserida no aplicativo para reproduzir algumas das situações típicas identificadas nas visitas às outras duas plataformas. No entanto, a complexidade da ferramenta comprometeu a proposta de simulação da intervenção. A autora, por fim, recomenda que um projeto ergonômico tenha desde o início a aplicação de uma ferramenta 3D, mas que ofereça possibilidades de geração de plantas, cortes e modelos tridimensionais que facilitem a integração das diversas disciplinas e equipes que compõem o projeto.

Em outra publicação que abordou intervenções ergonômicas em projetos, DUARTE *et al.* (2007) ressaltam que, além das cópias de soluções de projetos anteriores, o excesso de quantidade de regulamentos de segurança restringiu e limitou possibilidades de soluções e a contemplação no projeto das necessidades dos usuários. Os autores apresentam três intervenções: a primeira coincide com a apresentada por MAIA (2002)¹⁵, mencionada nos parágrafos anteriores. A segunda apresenta uma intervenção desde o início do projeto de detalhamento de um FPSO e contemplou parte do módulo de acomodações. Por fim, a terceira intervenção se realizou no projeto de um FPU¹⁶.

Na intervenção no FPSO, DUARTE *et al.* (2007) evidenciam algumas decisões previamente realizadas que comprometeram o desenvolvimento de algumas das propostas da equipe de ergonomia, tais como a utilização de um projeto anterior de outra plataforma como base e diversas características já definidas de alguns locais de trabalho. O escopo desse projeto de ergonomia se estendeu a: sala de controle, enfermaria, laboratório, oficinas, entre outros. As análises se iniciaram a partir das plantas e considerou: altura, localização dos locais de trabalho, acesso e movimento.

Um problema que surgiu da decisão de se reutilizar soluções de projetos anteriores de plataformas, por exemplo, foi a verticalização dos módulos de acomodações. A altura desses módulos foi uma variável considerada pela equipe de

¹⁵ Os autores participaram conjuntamente na intervenção na sala de controle.

¹⁶ Unidade flutuante de produção de óleo e gás. A principal diferença entre esse tipo de navio-plataforma comparado a um FPSO é não apresentar função de estocagem, que é feita em outra embarcação.

ergonomia, tendo em vista as condições de trabalho do pessoal de hotelaria. Essas condições impunham exigências físicas por períodos prolongados e tinha como uma das contribuições o deslocamento vertical. A localização dos diversos locais de trabalho também era um dos focos da análise, em especial a posição relativa da enfermaria. Embora do ponto de vista do uso, a posição mais adequada fosse próxima à planta de processo (onde há maior risco de acidentes), optou-se por situar a enfermaria próxima ao heliponto, no andar mais elevado do módulo de acomodações. Em geral, as principais dificuldades que se apresentaram à elaboração de recomendações ergonômicas estiveram relacionadas a discordâncias entre as necessidades dos usuários e as orientações ou bases de projeto e contradições entre diferentes orientações de projeto.

A outra intervenção, realizada no projeto de um FPU, ocorreu em um estágio muito avançado. A equipe de ergonomia começou a atuar quando a plataforma estava iniciando a fase de construção no estaleiro. Essa intervenção além de contemplar ambientes das acomodações, passou a considerar ambientes de processo: turbo geradores, salas de painéis elétricos, casa de bombas, praça de máquinas e sala de geradores de emergência.

A participação dos usuários foi essencial para a identificação das situações típicas de trabalho que poderiam ocorrer nas áreas analisadas. Nessa intervenção, destacou-se a utilização da maquete eletrônica em reuniões de revisão de projeto (as chamadas reuniões de *design review*). A maquete permitiu melhor compreensão das soluções propostas promovendo o debate entre projetistas e futuros usuários. Os autores ressaltam por fim que algumas das recomendações foram implementadas, porém outras não foram aplicadas diante do avançado estágio de execução do projeto.

3 Metodologia

Este estudo utilizou métodos preconizados pela análise ergonômica do trabalho, que tem seu ponto de partida na explicitação e reformulação de uma demanda expressa (um problema) por uma empresa. Ela apresenta como resultado um diagnóstico, que guiará as transformações do trabalho.

A demanda expressa pela companhia no estudo realizado foi a de se buscar a melhoria das condições de trabalho em futuras plataformas de petróleo através da definição de especificações ergonômicas para projeto. O diagnóstico para elaboração de tais especificações foi resultado de análises feitas em uma plataforma em operação.

As investigações iniciais foram conduzidas com base nas primeiras entrevistas com os operadores de produção de uma plataforma. Nessas reuniões, integrantes dessa equipe explicitaram as situações de duras exigências físicas das atividades no sistema de lançamento e recebimento de PIG (que serão apresentadas no capítulo 4), que foram investigadas posteriormente.

Complementou-se a análise em torno das exigências físicas a utilização do sistema CAPTIV®, cujo objetivo foi auxiliar a análise do esforço físico dos trabalhadores e a exposição dos mesmos a alguns fatores de risco de distúrbios musculoesqueléticos. A ferramenta permite identificar com maior precisão os momentos críticos das atividades.

3.1 A análise ergonômica do trabalho

Segundo GUÉRIN *et al.* (2001), uma ação ergonômica parte de demanda expressa, a qual será analisada pelo ergonomista, que também analisará o contexto que a circunscreve. Em seguida, esta demanda passa por reformulações e, a partir destas, o ergonomista estuda o funcionamento geral da organização. Nesta fase, começam a se definir quais situações serão analisadas e, simultaneamente, ocorre a elaboração das primeiras hipóteses.

O próximo passo é a análise do processo técnico e das tarefas, fase em que as entrevistas e interações com a população (operadores, gerentes, etc.) se intensificam. A análise de documentos técnicos, prescrições, planilhas contendo o planejamento das tarefas, entre outros, contribui para a compreensão do trabalho nas situações a serem analisadas.

A próxima etapa é a de observação, começando pelas ditas “livres” ou abertas, que servem de base para a definição de um plano de observação. É desejável que se considere a variabilidade ao definir este plano, pois desta forma aumenta a possibilidade de se observar problemas pertinentes nas situações selecionadas.

As verbalizações dos trabalhadores com base na confrontação dos dados coletados é uma etapa importante da análise, pois é nela que o ergonomista pode compreender o sentido das suas ações.

Ainda de acordo com GUÉRIN *et al.* (2001), na abordagem da AET, a observação está no centro de seus métodos, pois somente ela que evidencia a atividade real, rompendo as representações incompletas que a própria empresa possui do trabalho.

O resultado final da análise é um diagnóstico orientado à mudança em prol das melhorias das condições de trabalho, sejam elas organizacionais, técnicas ou físicas.

3.2 Procedimentos

Os métodos empregados para esta dissertação consistiram de entrevistas, visitas junto ao operador de “área” ao módulo de PIGs e *manifolds* da plataforma visitada, filmagens das atividades junto a registro com o sistema CAPTIV®, análise documental, acompanhamentos de atividade com diário de campo, tratamento dos dados coletados, análise com o CAPTIV®, reuniões de auto-confrontação com operadores e reuniões de validação dos dados coletados. O Quadro 3 sumariza as atividades de pesquisa realizadas em cada embarque ao FPSO.

Quadro 3 – atividades de pesquisa nas visitas realizadas ao FPSO

Período do embarque	Atividades
Maio de 2007 ⁽¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entrevistas iniciais com operadores de produção: explicitação da demanda; ▪ Entrevistas com integrante da equipe de manutenção mecânica; ▪ Filmagens e registro com o sistema CAPTIV®: lançamento e recebimento de PIG; manutenção preventiva nos lançadores e recebedores; e lançamento e recebimento de PIG com óleo diesel; ▪ Levantamento de documentos.
Agosto de 2007	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acompanhamento de simulação de lançamento de PIG com óleo <i>diesel</i>.
20 a 22 de setembro de 2007	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entrevista com supervisor de produção para compreender o processo produtivo e o contexto, do ponto de vista técnico, no qual o sistema se insere; ▪ Rondas com operador de produção na área para levantamento dos principais dispositivos do sistema: válvulas, drenos, PSVs, bomba de serviço, etc.
1º a 3 de dezembro de 2007	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entrevista com o operador de produção para compreender o funcionamento do sistema; ▪ Auto-confrontação de dados coletados e filmagem de atividade do operador de produção.
27 de março a 2 de abril de 2008	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entrevista com líder de manutenção mecânica; ▪ Acompanhamento de lançamento de PIG com operador na área (em diário de campo); ▪ Acompanhamento de manutenção preventiva nas estações de lançamento e recebimento de PIG (em diário de campo).
25 a 30 de julho de 2008	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entrevistas e auto-confrontação das informações coletadas nos embarques anteriores com supervisor de produção, operadores de produção e técnicos de manutenção mecânica;

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entrevistas com os operadores de produção na sala de controle para compreender a operação de passagem de FIG a partir do ponto de vista dos mesmos; ▪ Entrevistas com técnicos de manutenção mecânica; ▪ Identificação de documentos e procedimentos no sistema da empresa relativos à manutenção nos lançadores e recebedores de FIG.
--	--

3.3 A utilização do sistema CAPTIV®

O CAPTIV® é um sistema de auxílio à análise que permite a apresentação de gráficos com dados fisiológicos, biomecânicos ou ambientais (concentração de poluentes no ar, por exemplo) sincronizados ao vídeo da atividade. Pode-se também agregar gráficos com informações codificadas *a posteriori*.

Esse sistema permite uma quantificação da exposição do trabalhador a riscos fisiológicos e biomecânicos, explicitando-se, portanto, de forma objetiva o grau dessa exposição. Segundo GARRIGOU *et al.* (2006), essa ferramenta permite enriquecer a representação desses riscos, além de fornecer sólidas argumentações para as decisões de transformação do trabalho.

O sistema é composto por um *software* – que roda em computadores comuns (PC) – e pelos sensores. A sua utilização é constituída de três etapas para uma primeira obtenção de resultados de análise: 1 - observação e aquisição dos dados; 2 - tratamento dos dados, definição de classes e codificação *a posteriori*; e 3 - análise estatística das informações e situação nas etapas da atividade.

A integração dos dados permite acessar facilmente momentos peculiares do vídeo da atividade nos gráficos (por exemplo, um momento crítico apresentado por um dos sensores) permitindo observar as cenas ou os trechos nesses períodos. Permite-se, desta forma, identificar as situações e seus determinantes.

Neste estudo, o procedimento de análise e a integração dos diferentes dados

consideraram: 1 - o vídeo, que registra o desenrolar das atividades (o lançamento e recebimento de PIG e a manutenção preventiva) e ações do trabalhador; 2 - um cardiofrequencímetro do tipo Polar® para registro da frequência cardíaca instantânea, sendo utilizado como indicador de esforço físico; e 3 – os goniômetros para medição dos ângulos de desvio radial e ulnar do punho direito do operador. Essa medida permite identificar as situações que expõem a articulação do mesmo a fatores de riscos de distúrbios musculoesqueléticos a partir da confrontação dos ângulos medidos com valores limites oriundos de levantamentos antropométricos. O CAPTIV® permite quantificar os tempos de exposição. As seções seguintes apresentarão maiores detalhes sobre os métodos empregados para a análise com o sistema apresentado.

3.4 A aplicação dos dados de frequência cardíaca como indicativo de esforço físico

A frequência cardíaca é um índice que permite identificar situações de trabalho com elevada intensidade de esforço físico e quantificá-las a fim de reduzir as mesmas ou até suprimi-las (MEYER, 1996). Segundo o autor, a aplicação deste índice em análises de situações de trabalho se justifica por fatores de ordem prática como o custo reduzido em relação a outros materiais de medição e a própria praticidade do uso. A precisão e a confiabilidade dos cardiofrequencímetros também têm a sua importância e, em função destes fatores, a análise da frequência cardíaca se estabeleceu no campo da saúde do trabalho como um indicativo, uma forma de quantificar a carga física de trabalho.

Entretanto, diversos são os elementos que podem dificultar a análise baseada no comportamento da frequência cardíaca. O funcionamento cardíaco do ser humano é regulado por complexo sistema que integra vários parâmetros (têrmicos, físicos, hormonais, etc), o que equivale a dizer que a frequência cardíaca é sensível também a vários fatores que nada tem a ver com o esforço ou carga física. Assim, para analisar esta última através da captura dos dados de frequência cardíaca, é necessário conhecer bem estes fatores na situação estudada. Tais fatores podem ser individuais ou podem ser do ambiente.

O primeiro fator individual e que possui maior influência sobre a frequência cardíaca é a capacidade cardiorrespiratória do trabalhador. Resumidamente, basta mencionar que o aumento da frequência cardíaca em um trabalhador sedentário será maior do que um trabalhador praticante de atividades físicas e que a frequência de repouso deste segundo perfil também é menor do que a do trabalhador sedentário. O outro fator individual a ser mencionado é o efeito do estresse sobre a frequência cardíaca. Há muita variação de indivíduo para indivíduo: o fato de estar sendo monitorado e utilizando o cardiofrequencímetro pode aumentar a frequência cardíaca do trabalhador em 20 a 30 b.min⁻¹, diante de suas preocupações com a possibilidade de ser avaliado pelos observadores, por exemplo. Desta forma, esclarecimentos para o indivíduo observado antes do recolhimento dos dados são fundamentais.

Um fator ambiental que gera variação na frequência cardíaca do trabalhador é a temperatura: em um lugar quente, para garantir homeoterma, o fluxo de calor do corpo humano em direção à pele aumenta, o que aumenta a frequência cardíaca. É admissível assumir, segundo MEYER (1996), aumento de 30 b.min⁻¹ em relação à frequência de repouso para cada 1° C acrescido ao ambiente.

Outros fatores a se considerar são as adaptações fisiológicas gerais. A digestão, por exemplo, induz um aumento de 5 a 10 b.min⁻¹ após 1 a 2 horas da refeição. O horário de trabalho em que os dados estão sendo recolhidos também é relevante, em função das variações circadianas. As variações de frequência cardíaca introduzidas por este fator podem ser ignoradas caso o trabalho seja realizado entre 8 e 18 horas.

Método empregado para aplicação dos dados de frequência cardíaca

Para análise das situações de trabalho nos lançadores e recebedores de PIG, utilizou-se a tabela apresentada por MEYER (1996) como referência (apresentada no anexo I). Situar o comportamento da frequência cardíaca nas diferentes etapas da atividade permitiu identificar e avaliar as diferentes condições de execução da tarefa em cada fase de forma objetiva.

Basicamente, calculou-se a frequência cardíaca média em cada etapa (definida a partir das especificidades da tarefa e da repetitividade de ações ou usos de instrumentos, entre outros) verificando os débitos cardíacos (calculados com base na frequência

cardíaca de repouso do trabalhador). A confrontação dos dados obtidos com as faixas de custo cardíaco relativo da tabela apresentada no anexo I permitiu avaliar o esforço físico e, conseqüentemente, observar as situações específicas com base nesta avaliação.

3.5 Avaliação da exposição a fatores de risco a partir das medidas de desvios angulares do punho

A medição dos ângulos de desvio do punho direito do trabalhador teve como objetivo identificar potenciais fontes de distúrbios musculoesqueléticos na atividade. Uma das tarefas que motivou o recolhimento dessas medidas foi a atuação manual em válvulas, diante da rigidez de manuseio e da forma com que operadores faziam a pega nos volantes. Assim, a análise desses dados com o *software* CAPTIV® pôde responder se essas situações de atuação em válvulas de fato contribuem para fatores de risco (listados mais adiante) ou então identificar outras situações.

A aplicação destes dados de medida na análise, de forma geral, parte da premissa que a articulação, recoberta por cartilagem hialina, é prejudicada quando é comprimida por muito tempo, pois a cartilagem se desgasta (IIDA, 2005). De forma mais específica, fatores de risco ocupacional – como, por exemplo, esforços repetitivos com força excessiva associados à flexão-extensão do punho – contribuem para a ocorrência de distúrbios como, por exemplo, a Síndrome do Túnel do Carpo. O Quadro 4, adaptado de CHAFFIN *et al.* (2001), apresenta alguns distúrbios associados a fatores de risco ocupacional. Os mesmos foram selecionados de acordo com sua pertinência em relação às atividades analisadas nesta dissertação.

Quadro 4 - Alguns fatores de risco para distúrbios musculoesqueléticos (adaptado de CHAFFIN *et al.*, 2001)

Distúrbio	Fator de Risco Ocupacional
Síndrome do Túnel do Carpo	Esforços repetidos com o punho fletido ou estendido Esforços repetitivos com força excessiva Pressão sobre a base da palma da mão
Compressão do nervo ulnar	Flexão ou extensão prolongadas do punho

no Canal de Guyon	
Síndrome do nervo interósseo posterior	Extensão repetitiva do punho
Tenossinovite, tendinite, Síndrome de DeQuervain, peritendinite	Movimentos repetitivos, especialmente em combinação com desvio ulnar, estando o polegar fixo Excesso de utilização em movimentos angulares Movimentos repetitivos das mãos e dos punhos Sobrecarga constante dos tendões
Polegar do goleiro	Abdução e extensão do polegar contra resistência
Doença articular degenerativa	Articulações de maior utilização
Síndrome do túnel radial	Flexão repetida do punho com pronação ou extensão de punho com supinação
Epicondilite	Extensão de punho repetida e com emprego de força

As medidas dos ângulos foram obtidas a partir de um sensor denominado goniômetro. Esse sensor possui fios flexíveis e os mesmos são dispostos sobre a articulação para a qual se deseja obter dados. O goniômetro utilizado dispõe de dois canais, permitindo assim a medição simultânea dos movimentos de adução-abdução e flexão-extensão do punho para posterior análise no CAPTIV®.

A análise apresentada nesta dissertação utilizou como parâmetro os valores de estudos antropométricos (percentil 95%) realizados por PANERO e ZELNIK (2002). Considerou como momentos de exposição os períodos em que as medições ultrapassem os ângulos limites (Figuras 1 e 2) apresentados por esses autores. Com o CAPTIV® identificaram-se os momentos de exposição e seus tempos foram quantificados. O Quadro 5 sintetiza as medições e a confrontação com os limites para análise da atividade.

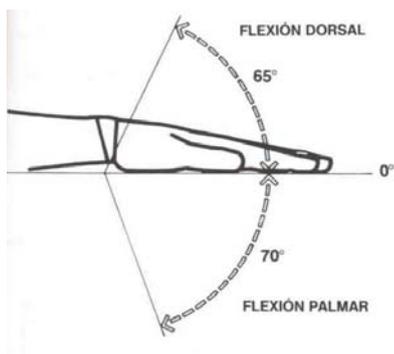


Figura 1 - Extensão e flexão

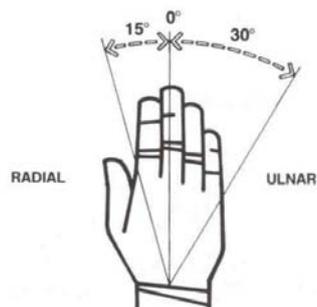


Figura 2 - Adução e abdução

Quadro 5 – medidas realizadas e ângulos limites

Sensor (goniômetro)	Movimento (desvio)	Ângulo limite (PANERO e ZELNIK, 2002)
Canal 1	Desvio radial (adução)	15°
	Desvio ulnar (abdução)	30°
Canal 2	Flexão palmar	70°
	Flexão dorsal	65°

3.6 A análise baseada em vídeo em ergonomia

Não obstante a utilização da ferramenta focar na avaliação do esforço físico, a observação dos vídeos contribuiu para análise das atividades, ou, em outras palavras, o vídeo permitiu agregar à análise outros observáveis além dos obtidos pelos sensores.

De acordo com GUÉRIN *et al.* (2001), o recurso às gravações em vídeo apresenta vantagens em relação aos registros em diário de campo, das quais se destacam três: 1 - permitir registros de observáveis rápidos, graças à utilização da câmera lenta e da pausa. Tal vantagem agrega ao vídeo a característica de ser um auxílio para se obter registros mais precisos; 2 - permitir registrar vários observáveis simultaneamente ou dados impossíveis de serem anotados em tempo real, o que representa uma transformação do processo de registro (o recurso de voltar as cenas quantas vezes forem necessárias); e 3 - permitir uma codificação *a posteriori* (e elaborar gráficos, que são formas alternativas de descrição da atividade).

Segundo BÉGUIN (1997), o recurso do vídeo interessa à ergonomia por constituir um auxílio técnico à análise da atividade. As relações estabelecidas a partir das cenas apresentadas diferem fundamentalmente de outras formas de registro (como, já dito, anotações em diário de campo, por exemplo). Segundo o autor, a questão da utilização do vídeo na análise pode ser examinada a partir de três pontos de vista:

1. Seus dados são abertos à análise: a cena é um auxílio para a análise, porque, de certa maneira, ela permite ver o que não se via a “olho nu”. O autor ressalta que a análise baseada nas cenas do vídeo remete a questões epistemológicas, porque se inscreve em um processo de produção de conhecimento situado sobre determinado trabalho em determinada empresa;
2. O vídeo pode ser utilizado como um meio, um objeto intermediário, em torno do qual se debate sobre o trabalho, principalmente com os indivíduos observados. O autor reforça idéia que esse tipo de debate, diante das cenas do vídeo, é bem diferente de entrevistas ou diálogos realizados durante observações de atividade;
3. O vídeo pode ser utilizado como suporte de difusão de resultados de análise. Ele torna “legível” a atividade de trabalho na empresa, o que pode favorecer uma participação de operadores para a própria definição do processo de trabalho.

Para GUÉRIN *et al.* (2001), o método ultrapassa a observação em si, na medida em que envolve a confrontação com os indivíduos observados. BÉGUIN (1997) sublinha que os dados de observação são dificilmente interpretáveis sem uma explicação dos motivos das ações dos trabalhadores e a interpretação é incerta sem uma validação dos mesmos.

Ainda conforme BÉGUIN (1997), a observação não permite evidenciar os pensamentos que definem o comportamento do indivíduo, que são extremamente importantes para compreender a situação observada mesmo em tarefa ditas “manuais”. Isso é possível, pois a confrontação das cenas da atividade com o indivíduo observado “enquadra” a análise, abrangendo a caracterização da ação. Operadores e pesquisadores “descobrem” juntos os aspectos menos conhecidos ou considerados pouco importantes, mas, de qualquer forma, abrange-se o que dificilmente seria visto sem o vídeo.

Por fim, consideradas a capacidade de “restituição” dos dados de análise e a necessidade de confrontação desses dados e do próprio vídeo da atividade com o

trabalhador observado, cabe fazer mais duas ressalvas relacionadas à análises baseadas em vídeo. A primeira é que embora a análise capture um conjunto de informações úteis em um contexto situado, ela não substitui as atividades do pesquisador no local de trabalho (XIAO e MACKENZIE, 2004), pois há uma “perda” da noção de características reais para um observador do vídeo que não esteve presente no local de trabalho. Corre-se assim o risco de reduzir sobremaneira a realidade observada. A outra ressalva, também conforme XIAO e MACKENZIE (2004), diz respeito às reações adversas – mesmo que inconscientes – de quem está sendo observado, podendo sempre ocorrer perturbação no desempenho do trabalhador em atividade. Em outras palavras, a atividade se diferencia do que ela seria se o indivíduo não fosse observado e a presença da câmera intensifica tais reações.

4 Situação estudada e resultados da análise

A demanda inicial da análise do trabalho evidenciou as exigências físicas e a impostas pelo sistema aos operadores de produção e técnicos de manutenção mecânica envolvidos na manutenção preventiva dos lançadores e recebedores de PIG. Para compreender o porquê e como tais exigências se impunham aos trabalhadores, inicialmente buscou-se caracterizar determinantes do trabalho da operação e da manutenção.

A análise do trabalho no sistema de lançamento e recebimento de PIG evidenciou, além das exigências físicas, aspectos de segurança, problemas operacionais, a presença do modo degradado de funcionamento e as estratégias elaboradas para assegurar a produtividade e reduzir a carga física de trabalho. Nas atividades de manutenção, embora se houvesse a expectativa de que as exigências apresentadas pelas mesmas fossem puramente físicas, exigências cognitivas também foram observadas.

4.1 Situações de penosidade explicitadas na formulação da demanda

As entrevistas iniciais com operadores¹⁷ da equipe de produção focaram nas situações de duras exigências físicas no sistema de lançamento e recebimento de PIG. Foram três os principais problemas relatados: a obstrução ao acesso aos volantes de válvulas, o alto esforço muscular requerido para abertura e fechamento das mesmas e o excesso de deslocamentos efetuados.

As primeiras rondas e observações das atividades não só ratificaram esta demanda inicial como apresentaram novos elementos. Reformulando a demanda em torno das exigências físicas, apresentaram-se os seguintes problemas:

1. Deslocamentos: as primeiras observações das atividades revelaram excesso de deslocamentos associados à despressurização através do *by-pass*¹⁸ da válvula de

¹⁷ Em cada turno, só há um operador responsável pelo sistema, o P3. Entretanto, outros operadores participaram das entrevistas, tendo em vista as trocas de cargo operacional na equipe de tempos em tempos.

¹⁸ Desvio do fluxo obtido através do alinhamento de uma ou mais válvulas em um sistema de tubulações.

alívio de pressão (PSV) e à interação com o sistema de abastecimento de óleo diesel para a modalidade de lançamento de PIG com esta substância;

2. Problemas relacionados à atuação em válvulas manuais: os altos torques requeridos e, conseqüentemente, o alto esforço muscular requerido para atuação sobre a válvula; a presença de obstruções no entorno dos volantes dificultando o próprio manuseio; alturas dos volantes elevadas; a combinação destes três fatores em algumas situações; e a combinação dos mesmos com o deslocamento, o que potencializa o desgaste físico e a exposição a fatores de riscos de distúrbios musculoesqueléticos;
3. Fechamento do “tampão” da câmara: este problema se apresenta principalmente nos lançadores de PIG. O problema está relacionado ao desgaste da própria tampa. Levantaram-se as hipóteses de manutenção inadequada e baixa durabilidade dos dispositivos (ou baixa qualidade das peças adquiridas); e
4. Inserção da cesta de recebimento de PIG: falta de espaço livre considerando a dimensão da cesta. Além disso, o desgaste de sua estrutura a torna irregular e, conseqüentemente, acaba oferecendo resistência à inserção. O material da cesta é frágil e as mesmas recebem manutenção somente em caráter de urgência.

Além de problemas de ordem física, as primeiras rondas e acompanhamentos de atividade junto ao operador P3 revelaram outros problemas e aspectos do trabalho da equipe de produção relacionados ao sistema de lançamento e recebimento de PIG:

- A periculosidade do trabalho em função da presença de tubulações de gás e de suas altas pressões (chegando a 160 kgf/cm^2 em algumas delas) e o fato de que em outra plataforma houve caso de morte no recebedor de PIG: ao abrir a câmara, a pressão residual em seu interior (registrado em torno de 1 kgf/cm^2 neste acidente) provocou a brusca abertura do “tampão”, que se chocou a um operador;
- A preocupação em se manter a produção, evitando *shut-down*¹⁹ desnecessário e as ações executadas motivadas pela preocupação com o bom funcionamento de equipamentos essenciais à produção;

¹⁹ Desligamento automático de partes ou de todo o sistema de produção de forma a garantir a segurança da população, da embarcação e dos equipamentos de produção. A situação de *shut-down*, além de representar prejuízos em termos financeiros em função da parada da produção, gera desgaste físico e

- A complexidade da tarefa e os esforços cognitivos na construção de uma representação mental que considere etapas distintas de alinhamento do óleo, gás, *diesel* pelas tubulações e ponderações sobre suas respectivas vazões, pressões e temperaturas; e
- O caráter coletivo na operação, envolvendo operadores P1 (na sala de controle) e P3 (na planta) através de intensa comunicação via rádio.

Em uma das primeiras rondas com o operador P3, chamou a atenção o esforço físico e os movimentos e posturas forçadas adotadas pelo mantenedor na execução da tarefa de *lubrificação e amaciamento de válvulas* das estações de lançamento e recebimento de PIG. Esta situação motivou a inclusão do trabalho de manutenção preventiva no sistema ao escopo de análise desta pesquisa.

As primeiras observações de atividade e as rondas também apresentaram novos elementos de forma a constituir a demanda relacionada ao trabalho de manutenção preventiva:

1. As exigências físicas impostas ao mantenedor durante a execução do amaciamento em função dos torques isométricos²⁰ das válvulas e das alturas elevadas dos volantes; e
2. Exigências impostas pelos equipamentos e instalações ao realizar a inserção de graxa selante.

Além das exigências físicas, outros elementos foram considerados na reformulação desta demanda:

- A preocupação com o disparo do sensor de gás ao despressurizar o manômetro, que pode causar *shut-down*; e
- O fato de que o amaciamento das válvulas oferece risco de um alinhamento indesejável, gerando perturbação no processo.

mental de todo o efetivo, principalmente a equipe de produção, até que se devolva a planta à situação de produção “normal”.

²⁰Torque necessário para romper o estado de inicial de “trava” da válvula, permitindo a atuação sobre a mesma.

4.2 O processo produtivo de um FPSO e o sistema de lançamento e recebimento de PIG

Uma plataforma de produção de óleo e gás é uma instalação industrial que agrega sistemas diversos de facilidades (ou utilidades), embarcação e produção. O funcionamento destes sistemas ocorre simultânea e ininterruptamente.

O sistema de lançamento e recebimento de PIG é um dos sistemas supervisionados pela equipe de produção da plataforma. Seus recebedores de PIG estão conectados às linhas de produção (ligadas aos poços no fundo do mar). Estas linhas transportam o petróleo para o FPSO, que por estar misturado a água, gás e sedimentos deve passar por processo de separação.

Os lançadores de PIG se ligam às linhas de injeção de gás *lift*, que transportam este gás com o objetivo de incitar a subida da coluna de óleo. Antes de apresentar o sistema, cabe descrever resumidamente o processo de produção em um FPSO, para entender a importância da operação de passagem de PIG em linhas de poços produtores.

4.2.1 Descrição do processo de produção de um FPSO

O processo produtivo de uma unidade marítima de produção se inicia com a extração de petróleo dos reservatórios naturais através dos poços, instalados no fundo do mar. A mistura extraída não se constitui somente de hidrocarbonetos, sendo composta principalmente de óleo, gás, água e sedimentos.

Ao longo do desenvolvimento das exploração e produção *offshore* em todo o mundo, verificou-se que, do ponto de vista financeiro e da viabilidade operacional, é vantajoso realizar a separação das substâncias retiradas do fundo do mar na própria unidade *offshore*. Desta forma, o petróleo passa por diversas etapas na planta de processo até que se obtenha gás e óleo separados e prontos para exportação.

A produção passa primeiramente por um processo de aquecimento (em dois estágios) e em seguida separação. Esta fase do processo apresenta três produtos como

resultado, que serão processados separadamente: óleo, gás e água. A Figura 3 apresenta o processo desde o poço até o separador de produção.

Cabe ressaltar que é nesta etapa do processo que se situam os recebedores de PIG, ligados à linha oriunda dos poços, mas isolados durante o fluxo normal de produção. As produções individuais de cada poço confluem no *header* de produção e, em seguida, são direcionados para os aquecedores.

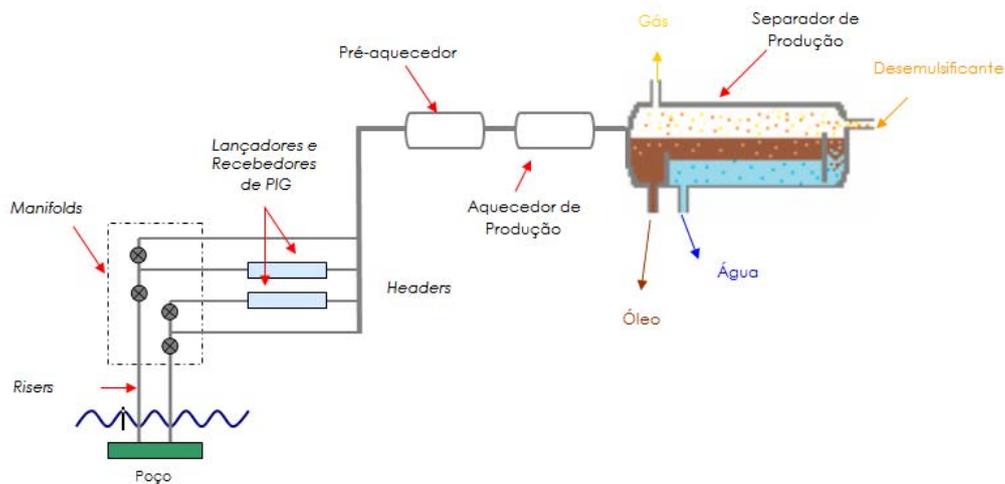


Figura 3 - Fluxo do petróleo: do poço ao separador de produção

O óleo passa por processo de tratamento eletrostático (para enquadrar teores de sedimentação e salinidade) e resfriamento. Em seguida, é direcionado ao tanque de carga no qual fica armazenado até o momento do *offloading*²¹.

²¹ Processo que também é conhecido como alívio, que é a transferência do óleo para o navio aliviador.

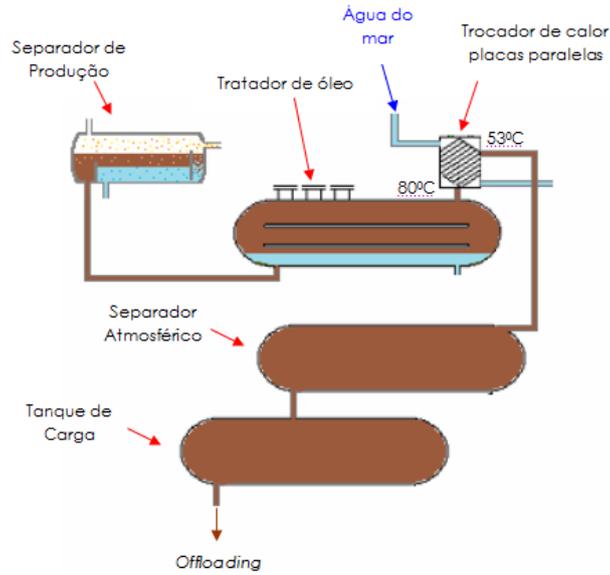


Figura 4 - Tratamento do óleo

O gás, antes de ser exportado, deve ser comprimido e desidratado. A compressão se divide em três estágios, aumentando o aproveitamento de gás neste processo de compressão-desidratação. A Figura 5 apresenta o processo de tratamento do gás.

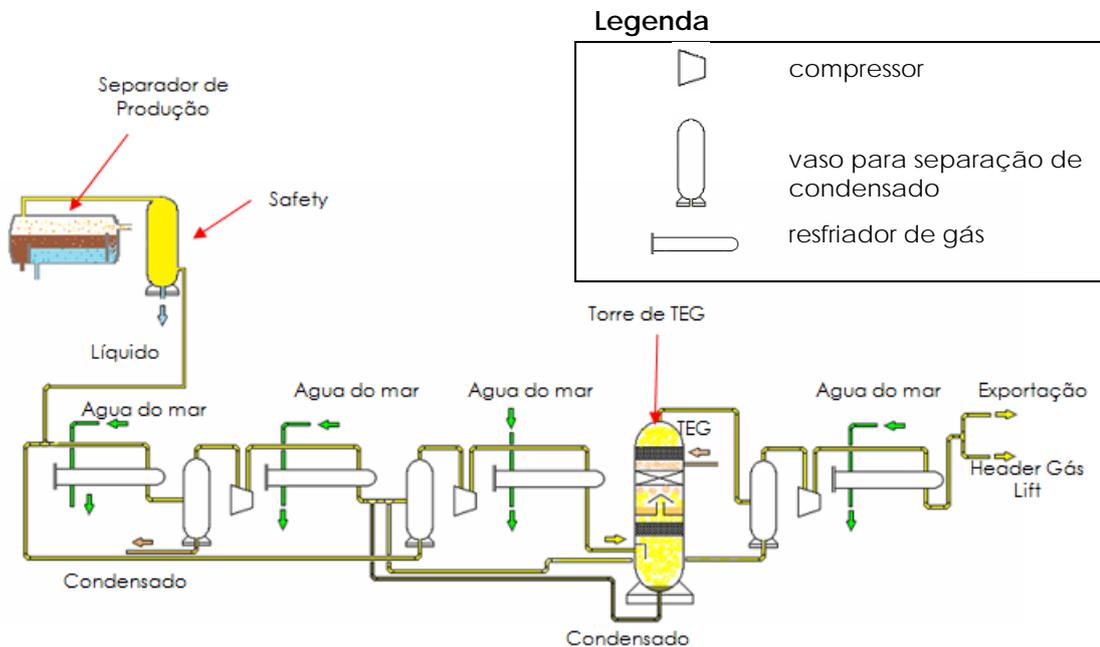


Figura 5 - Tratamento do gás

A água deve ser tratada para que possa ser descartada no mar sem causar danos ao meio ambiente. Antes de ser enviada para o tratamento, aproveita-se a energia

térmica da mesma para aquecer o óleo (através de trocadores de calor) que acaba de sair do vaso separador. Esta é a fase de pré-aquecimento.

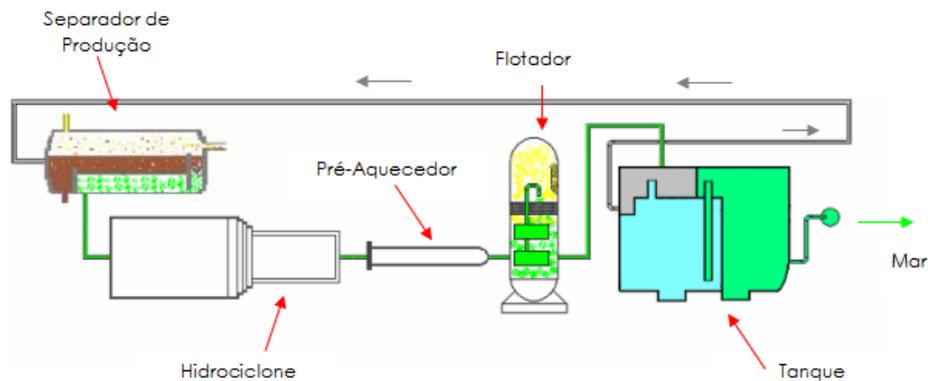


Figura 6 - Tratamento da água produzida

Todo o processo descrito acima é controlado e monitorado pela equipe de produção através da constante vigilância e intervenções dos operadores por toda a planta e a partir da sala de controle através de sensores e mecanismos de atuação remota.

4.2.2 A operação de passagem de PIG em linhas de poços produtores

O acúmulo de parafina em linhas de produção é fenômeno presente em plataformas de petróleo em águas profundas. Esse acúmulo, crescente com o passar do tempo, reduz a capacidade de escoamento do óleo na linha, o que resulta em perda de produção.

A Figura 7 ilustra um FPSO ligado a poços produtores através das linhas de produção. Conforme descrito na seção anterior, as linhas confluem no *header* de produção e, em seguida, o petróleo é encaminhado ao estágio de separação.

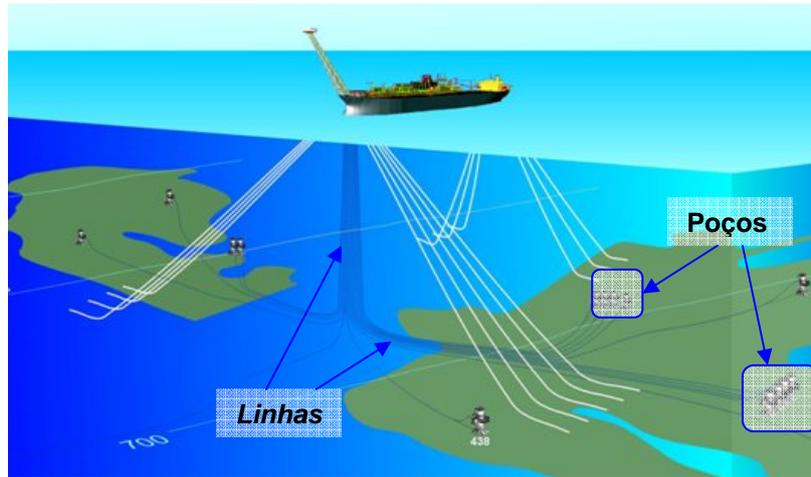


Figura 7 - Ilustração dos *risers* ligando os poços ao FPSO

A operação de passagem de PIG é uma solução que evita as perdas provocadas pelo acúmulo de parafinas no interior das linhas de produção. O PIG é uma espuma de densidade e tamanho específico, cujos parâmetros são escolhidos de acordo com fatores diversos de cada linha de produção (características gerais do poço, tamanho da linha, TIAC²², etc).

Esta espuma é inserida nos lançadores de PIG e, ao percorrer a linha, ela desobstrui seu interior através de ação mecânica. Na plataforma observada nesta pesquisa, há, para cada linha de produção, um par lançador-recebedor.

Há duas modalidades de lançamento de PIG: com e sem óleo diesel. Esta última modalidade é considerada a mais eficaz pelos operadores de produção. Em contrapartida, é uma operação mais complexa e demorada.

A estação lançadora é ligada à linha de injeção de gás *lift*, enquanto que a estação recebedora é ligada à linha de produção, conforme mostrado na Figura 8. Ambas as linhas são ligadas ao poço. A câmara de lançamento de PIG é um dispositivo que permite o acesso da espuma à linha de injeção de gás *lift*. A câmara de recebimento de PIG permite a retirada do PIG (que veio da linha de produção).

²² Temperatura inicial de aparecimento de cristal. A composição do petróleo e as condições de temperatura e pressão determinam o quanto de sua parafina tende a cristalizar, dando origem a uma fase sólida.

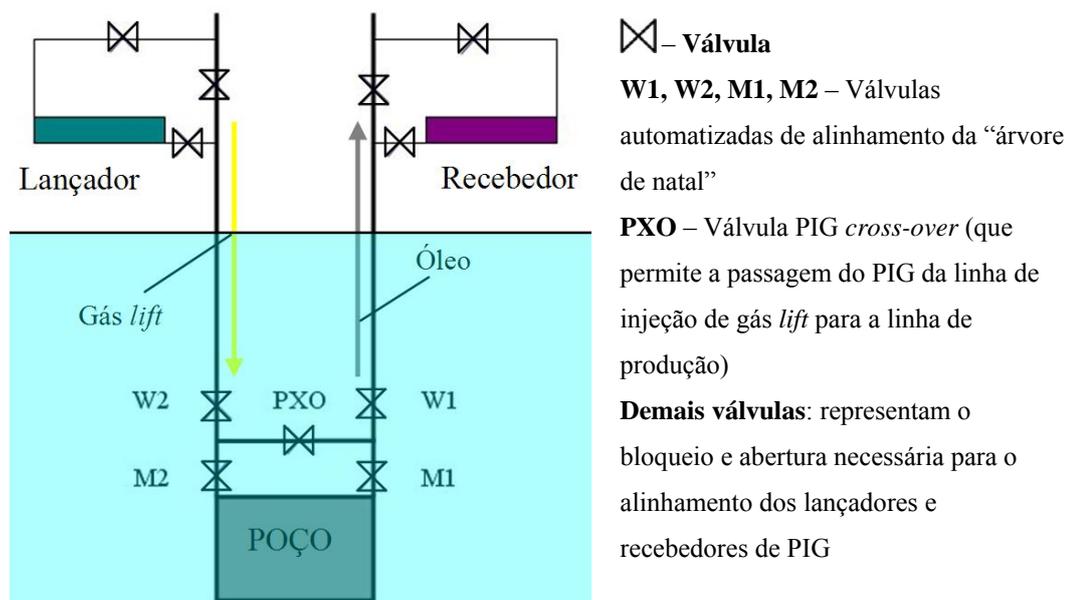


Figura 8 – lançador e receptor de PIG e o poço

4.2.3 Organização do trabalho na plataforma

A maioria das plataformas de produção da bacia de Campos tem seus efetivos organizados em quatro equipes: produção, facilidades, embarcação e manutenção. Cada equipe possui um coordenador e cada um deles responde ao GEPLAT (gerente da plataforma). As três primeiras equipes trabalham em regime de turno, ininterruptamente, com dois grupos revezando entre os turnos diurno e noturno. A equipe de manutenção trabalha somente no turno diurno, mas alguns integrantes ficam de sobreaviso no turno de descanso.

A equipe de produção é responsável pelo processo e sistemas de produção, desde o controle e monitoramento dos poços produtores ao armazenamento do óleo nos tanques da plataforma, à exportação de gás e ao tratamento da água descartada.

A equipe de facilidades é responsável por sistemas auxiliares essenciais para os sistemas de produção como, por exemplo, os sistemas elétricos e o sistema de circulação de água para resfriamento de equipamentos.

A equipe de embarcação é responsável pelo equilíbrio estático da plataforma, pela coordenação de embarcações no entorno, o alívio (que é a transferência do óleo armazenado para o navio aliviador, entre outros).

Por fim, a equipe de manutenção é responsável pela manutenção corretiva e preventiva de todos os sistemas e equipamentos da plataforma. As tarefas de caráter corretivo (reparos) são demandadas pelas outras três equipes através da abertura de *notas de manutenção*²³. As de caráter preventivo já são predefinidas no plano geral de manutenção da plataforma e ficam armazenadas no sistema informatizado (SAP) da empresa. Na situação estudada, a equipe de manutenção é a que se apresenta com maior quantidade de integrantes.

Equipes envolvidas com o sistema de lançamento e recebimento de PIG

A equipe de produção é liderada pelo COPROD (coordenador de produção). Ficam embarcadas simultaneamente duas equipes que se revezam nos turnos de 7h00 às 19h00 e de 19h00 e às 7h00. Cada uma destas equipes possui um supervisor (SUPROD), dois operadores que ficam na sala de controle (cargo operacional P1) e quatro operadores de área (cargos operacionais P2, P3, P4 e P5). Todos estes integrantes são funcionários da própria companhia operadora, não havendo contratados nesta equipe.

Os cargos operacionais definem os sistemas de produção sob responsabilidade de cada operador. O operador P3 é responsável pelo módulo de PIGs e *manifolds*, no qual se situa os lançadores e recebedores de PIG e, portanto, é o operador que executa o lançamento e o recebimento de PIG (em conjunto com o operador P1, que realiza intervenções e monitoramento da manobra a partir da sala de controle, conforme será apresentado).

Outros processos sob responsabilidade deste operador são: a injeção química no óleo, gás, água oleosa e água de injeção; processos relacionados aos poços; processamento de óleo e gás; elevação; medição de gás; escoamento de gás; coleta de amostras; despressurização (alívio) e compressão de gás. As atividades deste operador,

²³ A abertura de nota de manutenção no sistema é o meio pelo qual se formaliza entre as partes envolvidas a demanda de um reparo ou outra classe de serviço de manutenção.

resumidamente, envolvem: atuação direta sobre os equipamentos; programação do uso dos mesmos; monitoramento, testes e inspeção das suas condições; limpeza; manutenções simples; e acompanhamento de manutenção realizada pela equipe de manutenção ou especialista.

As equipes de manutenção são coordenadas pelo COMAN (coordenador de manutenção) e são divididas de acordo com as disciplinas (mecânica, elétrica, instrumentação, automação, medição de campo, caldeiraria, montagem, limpeza industrial e pintura).

O turno de trabalho destas equipes é de 7h30 às 19h30, horário defasado em 30 minutos em relação ao período diurno das outras três equipes. Esta defasagem contribui para diminuir a sobrecarga dos operadores, pois a passagem de turno²⁴ ocorre às 7h00 e o início das atividades de manutenção depende das liberações de permissões de trabalho (PT) emitidas pelos operadores. Esta liberação requer interações entre os operadores e integrantes das equipes de manutenção. A presença simultânea de muitos operadores e mantenedores nesta liberação torna conturbados os ambientes nos quais ela é feita (“abrigo”²⁵ e sala de controle) e sobrecarregaria ainda mais os operadores se fosse feita junto à passagem de turno.

A equipe responsável pela manutenção preventiva nos lançadores e recebedores de PIG é a de mecânica. Ela é composta por quatro integrantes, sendo três da própria companhia que opera a plataforma e um de empresa contratada. Um dos integrantes da companhia desempenha o papel de líder.

4.2.4 Locais de trabalho e dispositivos do sistema de lançamento e recebimento de PIG

Os lançadores e recebedores de PIG da plataforma se situam um nível acima do convés principal nos dois módulos de PIGs e *manifolds* (a localização desses módulos se apresenta no anexo II). Há, em cada um, 13 pares lançador-recebedor, conforme

²⁴ Reuniões com operadores de ambos os turnos cujo objetivo é a passagem de informações sobre o estado do processo e do sistema.

²⁵ Sala localizada na planta de processo na qual os operadores possuem estações de trabalho informatizadas e onde fazem emissão das PTs

apresentado nesse mesmo anexo. Conforme já mencionado, há um par lançador-recebedor para cada poço produtor. A Figura 9 apresenta as estações de lançamento e recebimento de PIG na plataforma no módulo 2A e a Figura 10 apresenta um PIG do tipo espuma.



Figura 9 – Lançadores e recebedores de PIG



Figura 10 - PIG *red skin 6*”

A Figura 11 apresenta uma ilustração do lançador de PIG e os volantes das principais válvulas utilizadas. A Figura 12 ilustra o recebedor. Nela, além dos volantes, apresentam-se os pinos “graxeiros”, utilizados para a inserção de graxa selante nas válvulas pela equipe de manutenção. Os volantes de válvulas e os pinos “graxeiros” no recebedor de PIG foram numerados nas figuras para facilitar as descrições e as análises apresentadas no decorrer deste capítulo, que farão referências à numeração. No anexo III é apresentado uma tabela com as alturas e as funções das válvulas utilizadas nos lançadores e recebedores.

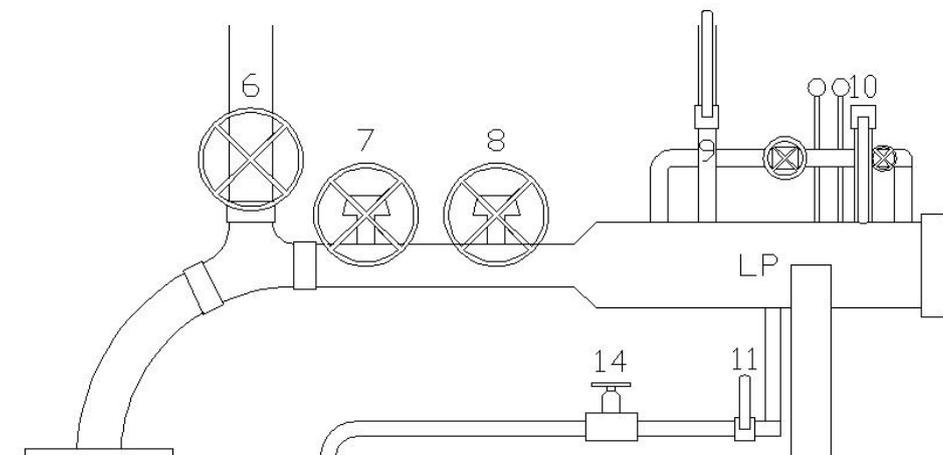


Figura 11 – volantes de válvulas no lançador de PIG

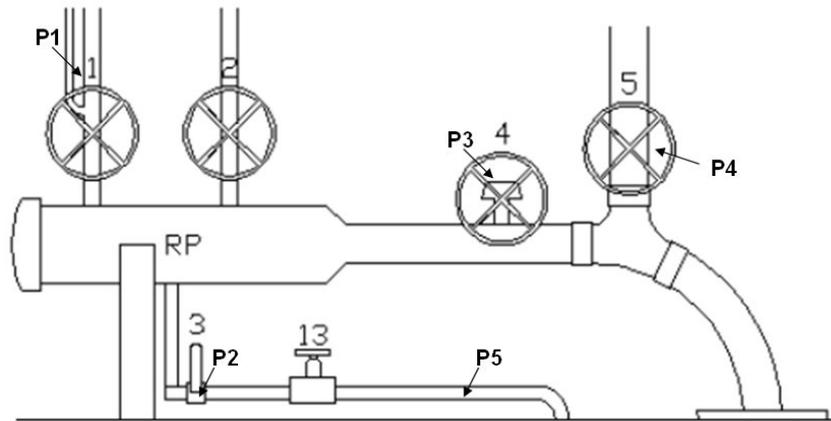


Figura 12 – volantes de válvulas e pinos “graxeiros” no receptor de Pig

As válvulas de alívio de pressão e o *by-pass* para despressurização das estações

As válvulas de alívio de pressão (PSVs – *Pressure Safety Valves*) também são dispositivos que cumprem papel importante no sistema de lançamento e recebimento de Pig. São válvulas de segurança que mantêm a pressão dentro das tubulações inferior à pressão limite de segurança dos equipamentos (cujo valor nominal na situação estudada é de 226 kgf/cm^2). Se a pressão atingir este limite, a válvula se abre automaticamente liberando gás para queima no *flare*²⁶, reduzindo a pressão no interior dos lançadores e receptores de Pig.

A abertura de um lançador ou receptor de Pig requer sua despressurização, o que é feito através do desvio (*by-pass*) do gás retido pela PSV (é o ato de “by-passar” a PSV, na linguagem dos operadores). O *by-pass* da PSV libera o gás para a queima no *flare* e, conseqüentemente, esvazia o interior da câmara do lançador ou receptor para o qual se requer a abertura. Este acionamento ocorre através da atuação manual de válvulas, cujos volantes se apresentam na Figura 13. Conforme se observa, há uma PSV e um par de válvulas para *by-pass* para cada lançador ou receptor. Uma das válvulas é a que abre o desvio da PSV (Figura 13, A) e a outra é a que libera o gás para o *flare* (Figura 13, B).

As PSVs do módulo 3A (cujas estações apresentam maior freqüência de utilização) se localizam dois níveis acima dos lançadores e receptores de Pig, conforme apresentado na Figura 14.

²⁶ Torre na qual se faz a queima dos resíduos de gás de toda a planta de processo.

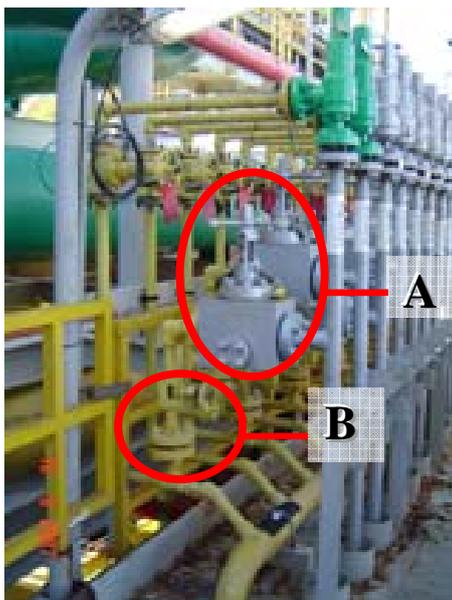


Figura 13 – PSVs e válvulas de *by-pass*

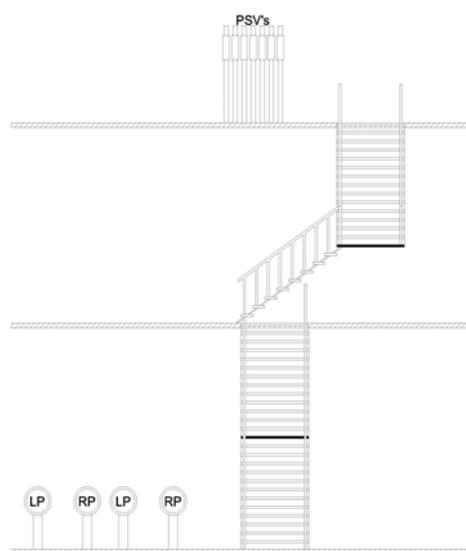


Figura 14 – trajeto entra estações LP/RP e PSVs

Dispositivos utilizados para lançamento de PIG com óleo *diesel*

Há também outros equipamentos e válvulas operados para o alinhamento de óleo *diesel* à linha de injeção de gás *lift* para lançamento de PIG com óleo *diesel*. As interfaces destas válvulas e dispositivos utilizados para abastecimento e alinhamento de *diesel* se encontram espalhadas por diversos locais no módulo 3A, conforme mostrado na Figura 15. Estas interfaces são: a botoeira para acionamento da bomba de óleo *diesel*; volantes de válvulas para alinhamento do óleo lubrificante da bomba; volantes de válvulas para liberação da água de resfriamento do óleo lubrificante da bomba; válvula de bloqueio da injeção de gás *lift* (a montante do lançador); volantes de válvulas de liberação do *diesel* para o *header* de serviço e para a câmara específica; e volante de válvula de abastecimento do tanque de *diesel*.

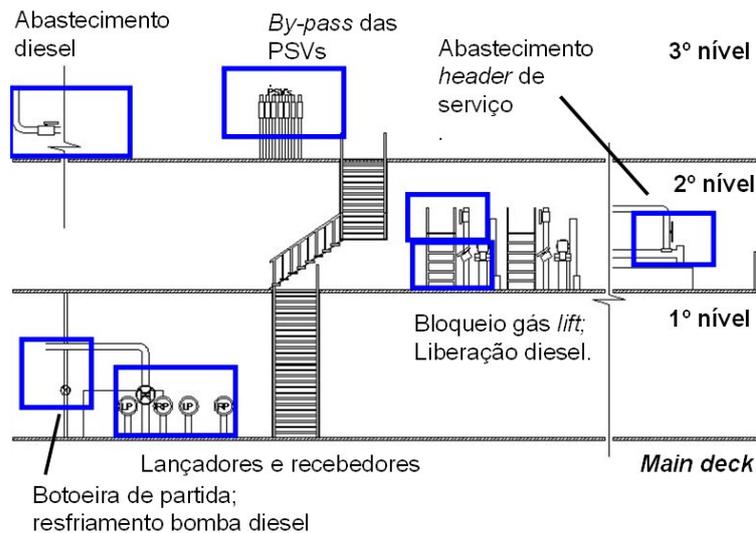


Figura 15 – lançamento de PIG com *diesel*: pontos de interação com o sistema

4.3 Características gerais da atividade do operador de produção no sistema

Conforme visto na seção 4.2.3, as atividades do operador P3 envolvem outras responsabilidades além das relacionadas ao sistema de lançamento e recebimento de PIG. Um dia de trabalho do operador P3²⁷ normalmente começa pela verificação das permissões de trabalho referentes a manutenções a serem realizadas durante o dia. Em seguida, realiza rondas na planta de processo avaliando o funcionamento dos sistemas e equipamentos sob sua responsabilidade. Assim, uma passagem de PIG durante o dia é realizada em paralelo com outras atividades do operador P3, conforme ilustrado na Figura 16.

²⁷ GAROTTI (2006) apresenta em maiores detalhes o “dia de trabalho” do operador de mesmo cargo operacional (P3) na mesma plataforma estudada nesta dissertação.

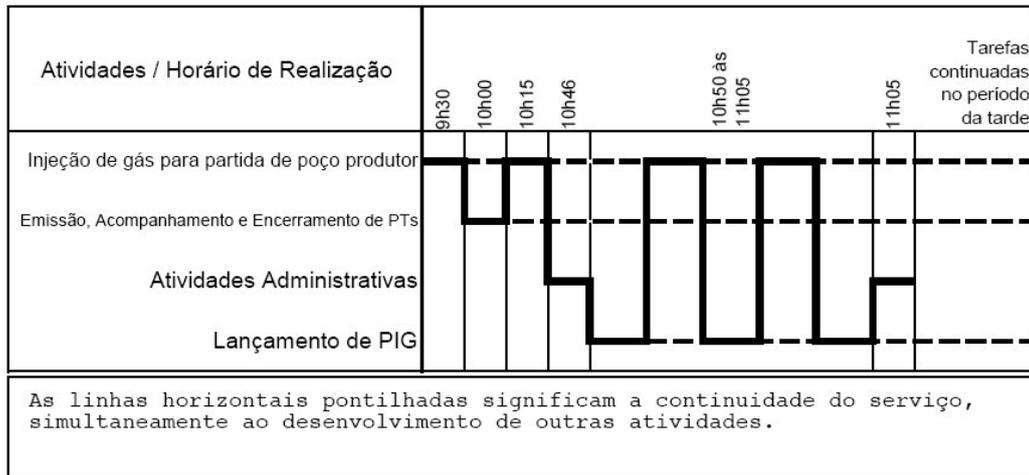


Figura 16 – atividades em um dia de passagem de PIG (Fonte: GAROTTI, 2006)

4.3.1 Descrição sistemática do lançamento e recebimento de PIG

A manobra de passagem de PIG em poços produtores tem seu horário ajustado de acordo com outros eventos que ocupam os operadores de produção durante o turno. Em geral, o operador P3 fica de sobreaviso aguardando o início da operação (que será anunciada via rádio pelo P1), portanto, é comum durante suas outras atividades pela planta de processo já verificar se a cesta de recebimento está inserida e se há um PIG disponível.

Após o anúncio do operador P1 para iniciar a manobra, o operador se desloca para o módulo de PIGs e *manifolds* e se dirige às estações de lançamento e recebimento de PIG.

Inicialmente, o estado de alinhamento²⁸ corresponde à configuração apresentada na Figura 17: no lançador, o gás *lift* é direcionado ao poço, sem passar pela câmara. No receptor, o óleo extraído é direcionado ao *header* de produção.

O operador P3 inicia suas ações no receptor de PIG, preparando a câmara para captação da espuma. Realiza então o alinhamento do receptor de forma que o óleo de produção seja desviado para o mesmo. Primeiramente ele abre as duas válvulas de

²⁸ Direcionamento do fluido nas tubulações de acordo com a abertura ou fechamento de válvulas.

“saída” da câmara (volantes nº 1 e 2 de acordo com o esquema da Figura 12) e em seguida a de “entrada” (volante nº 4). Por fim, fecha a válvula da linha de produção bloqueando seu fluxo, que passa a percorrer o interior do recebedor, já que a válvula de “entrada” se encontra aberta (Figura 18²⁹).

Vale ressaltar que, teoricamente, não haveria necessidade de executar o alinhamento do recebedor neste momento. O motivo de realizá-lo neste instante é que assim se garante que, caso algum imprevisto ocorra na plataforma após o lançamento e os operadores não possam se dedicar ao recebimento, o mesmo fique alojado na câmara em sua chegada. Se a produção do poço estiver em seu fluxo normal no momento de recebimento, o PIG se dirigirá aos *manifolds* de produção, provocando graves danos a equipamentos.

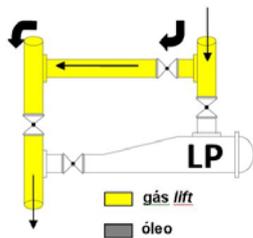


Figura 17 – fluxo normal de produção

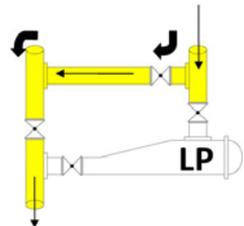
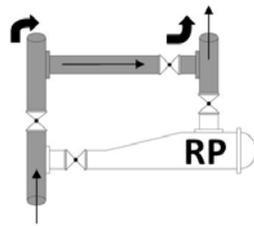
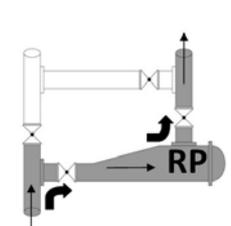


Figura 18 – Produção desviada para o RP



Com o recebedor alinhado, o operador então prepara o lançamento do PIG. Ele pode utilizar um já usado anteriormente se o mesmo não estiver danificado ou utilizar um novo. No primeiro caso, antes de começar o alinhamento do lançador, o operador se dirige a um “latão” próximo às estações de onde retira a espuma e faz sua limpeza. No caso de uma espuma nova, o operador já a deixa previamente próxima ao lançador.

O próximo passo é a inserção do PIG no lançador, que ligado à linha de injeção de gás *lift* trabalha a altas pressões (em torno de 160 kgf/cm²). Desta forma, mesmo com a câmara isolada, a mesma deve ser cuidadosamente despressurizada para que o operador possa abri-la.

Conforme mencionado na seção 4.2, a despressurização é feita através do *bypass* da PSV, desviando o gás em seu interior para queima no *flare*. Para realizar o *by-*

²⁹ Esquemas simplificados para fins de compreensão.

pass, o operador se desloca por escadas para acessar a área das PSVs. Após o fechamento destas válvulas, ele retorna à área das estações.

No lançador, o operador faz a drenagem da câmara abrindo duas válvulas (nº 11 e 14 de acordo com o esquema da Figura 11), evitando que óleo ou *diesel* suje e se espalhe pelo ambiente. Depois de fechar as válvulas do dreno, ele começa a abertura da portinhola da câmara, que possui um suspiro, que o possibilita verificar se há gás residual que possa oferecer risco de abertura brusca com o destravamento da porta. Ao mesmo tempo, o suspiro garante a liberação do resíduo de gás, esgotando-o e, por fim, permitindo que o operador proceda com a abertura do tampão.

O operador destrava as trancas da portinhola e a abre. Em seguida, coloca o PIG no interior da câmara e o posiciona com um bastão em um ponto no interior do lançador que garante que o mesmo será transportado pelo gás. O procedimento prescrito descreve a ação da seguinte forma: “Colocar o PIG na câmara do LP, devidamente identificado; garantindo seu posicionamento à frente da alimentação de gás que vai deslocá-lo (...)”

Em seguida, o operador procede com o fechamento da portinhola, alinhando-a e empurrando-a o que possibilita seu trancamento. Esta fase pode se prolongar em função da degradação da portinhola da câmara. Após trancá-la, o operador então comunica à sala de controle que o PIG está pronto para o lançamento. O operador P1 reduz a vazão do gás *lift* adequando-a à partida do PIG.

A partir da estação de trabalho na sala de controle este operador pode monitorar a operação e realizar o controle remoto de algumas válvulas cujo acionamento se faz necessário para a manobra. Destas válvulas, destacam-se a que regula a vazão do gás *lift* e as válvulas do poço que direcionam o PIG do *riser* de gás *lift* para o de produção, permitindo a sua volta à plataforma. Para cada poço em operação, há um sinóptico (interface gráfica apresentada no monitor) que corresponde ao par lançador-recebedor.

Com o PIG preparado para a partida dentro do lançador, as válvulas são alinhadas de forma que o gás *lift* seja desviado pela câmara, levando o PIG (Figura 19). Para o alinhamento, o operador abre as válvulas nº 9 e 10 (“entrada”) de acordo com a

Figura 11 (o que requer abertura da linha equalizadora³⁰), as de “saída” (nº 7 e 8) e a de bloqueio da linha de gás *lift* (nº 6). A abertura destas válvulas permite o escoamento do gás *lift* pela câmara.

Em seguida, o operador realinha as válvulas isolando a câmara (Figura 20). Como não há precisão do instrumento que confirmaria a partida do PIG, o operador geralmente procede com uma inspeção visual em seu interior para se certificar da partida do PIG. Para realizar a inspeção, é necessário despressurizar o lançador novamente para que possa abri-lo.

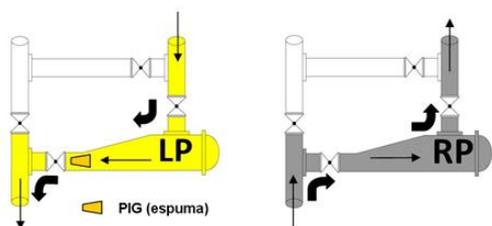


Figura 19 – Lançamento do PIG

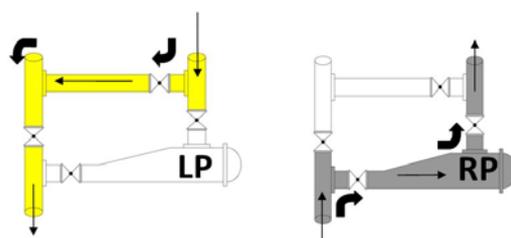


Figura 20 – Câmara LP realinhada

Confirmada a partida do PIG, o operador, através do rádio, comunica o sucesso da partida e realizará outras atividades, ficando em alerta quanto a informações da sala de controle sobre o recebimento do PIG.

O operador P1 acompanhará os gráficos de tendência de vazão e pressão (“trends” na linguagem dos operadores) na linha de produção, que permitem determinar a chegada do PIG, em função da falta de precisão do instrumento que transmite a chegada da espuma à estação de trabalho do operador.

No intervalo entre o lançamento e o recebimento, a configuração de alinhamento das câmaras permanece de acordo com a Figura 20. Pode haver troca de turno neste período e, portanto, operadores P1 e P3 informam ao companheiro do próximo turno a situação do lançamento do PIG.

Horas após o lançamento, através do rádio, o operador P1 avisa ao P3 a possível chegada do PIG. Possível porque apesar de ser mais preciso do que o instrumento que

³⁰ A linha equalizadora é um recurso utilizado em tubulações de alta pressão, que permite reduzir a diferença de pressão a montante e a jusante de uma válvula. Com esta pressão, reduz-se o torque isométrico diminuindo a rigidez do manuseio.

indica a chegada do PIG, o acompanhamento dos gráficos de tendência não fornece precisão total.

O operador P3 procede com o realinhamento da produção fechando as válvulas de bloqueio do recebedor (volantes nº 1, 2 e 4 de acordo com Figura 12) e abrindo a válvula da linha de produção. Antes de abrir o recebedor, faz a despressurização através do *by-pass* da PSV (retomando a configuração da Figura 17).

Como não se sabe se o PIG realmente chegou, o operador P1 realiza a parada da produção do poço remotamente, em função da possibilidade de chegada com o fluxo realinhado para abertura da câmara. O operador P3 verificará visualmente a chegada do PIG no interior da câmara e, caso o mesmo não esteja presente, ele poderia estar sendo direcionado ao trem de produção neste momento. Caso esteja presente, procederá com a retirada da cesta e do PIG, informando à sala de controle se há danos à espuma e a quantidade de parafina na cesta. Caso não esteja presente, procederá com o fechamento e alinhamento do recebedor.

4.3.2 A tarefa prescrita

Os procedimentos para o lançamento e recebimento de PIG na situação estudada encontram-se definidos em documento da companhia. Ele explicita os procedimentos de lançamento de PIG começando pela abertura da câmara do lançador e, em seguida, colocação do PIG, lançamento e despressurização do lançador. Para o recebimento de PIG, define os procedimentos de alinhamento do recebedor, despressurização, abertura, retirada da cesta e fechamento do recebedor.

Não foi encontrado registro de documento que contivesse procedimentos relacionados ao lançamento de PIG com diesel.

4.3.3 As estratégias elaboradas pelos operadores com o objetivo de reduzir a carga de trabalho

A manobra de *by-pass* da PSV revelou, diante da busca pela redução de deslocamentos, estratégias elaboradas pelos operadores. Eles estimam que a pressão da

câmara tenha ido a zero escutando com atenção quando cessa o ruído de gás passando pela tubulação (audição) e pelo tempo com a válvula aberta (regulação do tempo), conforme declara um dos operadores: “A gente escuta o gás passando quando abre a válvula. Quando para de fazer barulho, espera mais um pouco porque com certeza ainda tem gás na câmara...”. Essa maneira informal pela qual estimam se ainda há gás na câmara evita ou, no pior dos casos, reduz muito a possibilidade de um novo deslocamento da área das estações para a área das PSVs que tenha como objetivo verificar a pressão no manômetro ou a liberação de gás nos suspiros (conforme observado no acompanhamento de atividade apresentado no anexo IV).

Em outra situação, ao inserir a espuma no lançador, o operador empurra o PIG dentro da câmara com um bastão extenso, pois não pode transportar o PIG até o ponto à frente da entrada de gás no interior da câmara. Este posicionamento garante maior sucesso na partida do PIG. Para enxergar como o PIG está posicionado, o operador utiliza uma lanterna segurando-a com uma das mãos e, caso necessário, faz correções do posicionamento da espuma manipulando o bastão com a outra, conforme se observa na Figura 21.



Figura 21 – inserção do PIG no lançador

Esta atenção à inserção do PIG reduz bastante a possibilidade de o PIG ficar dentro da câmara no momento do lançamento e, portanto, da necessidade de ter que repetir mais uma vez toda manobra de despressurização, alinhamento e abertura. Esta medida contribui também para a redução das perdas de produção, tendo em vista a diminuição do tempo dispendido com a vazão do óleo reduzida.

4.3.4 As exigências da produção e o controle sobre as perdas provocadas pela manobra

A manobra de passagem de PIG requer a redução da vazão do gás *lift*, o que diminui a vazão de chegada do óleo extraído do poço e, conseqüentemente, reduz a produção.

Outro inconveniente da manobra para a produção é a parada efetuada para o recebimento: após a indicação de chegada na sala de controle, o operador P1 reduz a vazão de produção a zero e o operador de área deve isolar e abrir a câmara para inspecionar visualmente se o PIG chegou. Como há a possibilidade de o PIG estar chegando no momento da abertura da câmara, o bloqueio evita que a espuma vá em direção ao trem de produção e cause danos graves a equipamentos. Esta medida é, portanto, essencial para garantir segurança aos equipamentos e, portanto, da própria produção.

Informações a serem preenchidas na planilha de registro de lançamentos de PIG demonstram este controle: tempo em que a produção do poço ficou com a vazão reduzida, tempo em que ficou parada. O boletim diário de produção também apresenta a porcentagem destes tempos para cada poço, considerando as reduções de vazão e bloqueios dos escoamentos, o volume de óleo produzido para cada poço em relação ao volume diário estimado como de produção plena, etc.

Até dezembro de 2007 havia um cronograma de lançamento para cada um deles elaborado e executado pela própria equipe de produção. Buscando aumentar a eficiência da produção, o planejamento dos lançamentos passou a ser feito pela equipe de suporte da plataforma em terra (baseado em critério financeiro): para decidir ou não se o lançamento será efetuado, a equipe em terra determina se a perda provocada pelos acúmulos de resíduos na linha é maior do que a perda relacionada à diminuição da vazão da produção de determinado poço necessária para o lançamento do PIG. Cabe ressaltar que de janeiro a julho de 2008 (mês da última visita à plataforma estudada nesta dissertação) todos os lançamentos se concentraram em somente dois dos 19 poços: um em frequência semanal e o outro em frequência quinzenal.

4.3.5 A periculosidade, o modo degradado e problemas para a operação

As estações estão localizadas em área de tubulações de gás e, portanto, há preocupação constante com a segurança do sistema. Por estar ligada a um sistema de gás de alta pressão, a abertura da câmara de lançamento requer que o operador tome também cuidado com sua própria segurança. Durante a abertura do lançador de PIG, mesmo tendo sido realizado o processo de despressurização, pode ocorrer a abertura brusca da portinhola, apresentando risco de vida. Para o medidor da pressão interna, em função da necessidade de uma eventual calibragem, um valor de pressão residual pode ser registrado como pressão nula, porém pode ainda haver pressão suficiente para causar a abertura brusca da porta. A segurança é garantida pela utilização dos suspiros, que permitem liberar o gás residual.

No sistema de lançamento e recebimento de PIG, a degradação do sistema é verificada principalmente nas tubulações de gás³¹:

- Nos volantes de válvulas de *by-pass* da PSV, que estão retorcidos e desgastados pelo uso de chaves “grifo”; nos volantes de liberação do gás para o *flare* e de algumas estações de lançamento, que se soltaram na mão do operador durante o manuseio em um dos acompanhamentos de atividade. Quando questionados sobre a situação destes volantes, os operadores declararam que só recentemente este problema começou a ocorrer (o que denota a usura e a exposição ao ambiente marítimo e, portanto, a presença do modo degradado, conforme já mencionado);
- Nas linhas de PSV de duas câmaras de lançamento de PIG obstruídas, forçando o operador a despressurizá-las pelo dreno durante a operação. A despressurização “de alta”³² pelo dreno é inadequada do ponto de vista da segurança, pois o destino é o tanque *slop*³³, que idealmente trabalha com pressões baixas. Os operadores se valem do fato de que a dispersão que o tanque proporciona em relação a uma câmara é grande e, portanto, a pressão do gás ao passar para o *slop* se reduz drasticamente.

³¹ As situações descritas ilustram o estado dos dispositivos em julho de 2008.

³² As expressões “de alta” ou “de baixa” se referem, respectivamente, às despressurizações de alta pressão (da ordem de 100 kgf/cm²) e de baixa pressão (da ordem de 10 kgf/cm²).

³³ Tanque no qual se drena resíduos de hidrocarbonetos de toda a planta de processo.

- Na falta de estanqueidade das válvulas de entrada e/ou saída da câmara: cinco câmaras tendem a pressurizar em altas pressões (em torno de 160 kgf/cm²) mesmo estando isoladas. Estas válvulas são denominadas VET (válvula de estanqueidade total) e, conforme sugere o nome, deveriam garantir estanqueidade total. Assegurariam confiabilidade e maior segurança se assim fizessem. Segundo operadores de produção, estas válvulas funcionavam bem desde a época da partida da unidade de produção. Com o tempo, foram apresentando problemas. Percebe-se então que a disfunção destas válvulas é causado pela degeneração gradativa de seus componentes internos, que não apresentam durabilidade adequada ao tempo de vida útil e ao processo de produção da plataforma. Vale ressaltar que as estações possuem um plano de manutenção preventiva semestral no qual se contempla a lubrificação das válvulas, mas que não é suficiente para garantir o bom funcionamento das mesmas. Ficar constantemente com as câmaras pressurizadas em alta pressão apresenta perigo para o operador que está presente no módulo e caminhando pelo entorno das câmaras diariamente. De forma a remediar esta situação, ele deixa a PSV das câmaras permanentemente aberta. Entretanto, só pode efetuar a manobra em somente três das cinco câmaras, pois duas estão com a linha da PSV obstruída. Nestas duas a despressurização é feita pelo dreno em rondas diárias do operador P3 (conforme citado no item anterior);
- Além das válvulas sem estanqueidade e da PSV obstruída, o tampão de uma das câmaras apresenta vazamento de gás ao ficar pressurizado em torno dos 160 kgf/cm². Esta câmara é a do poço que requer maior quantidade de lançamentos (semanal). Possivelmente a frequência de uso maior da mesma acelerou o processo de desgaste do tampão em comparação às outras câmaras.
- A dificuldade do fechamento dos tampões, principalmente nas estações de gás (estações de lançamento) também é vinculada ao desgaste, pois, segundo verbalizações de operadores, não havia o problema na época da partida da produção da plataforma e o mesmo foi gradativamente surgindo e se agravando com o passar do tempo.

Estes constrangimentos impostos aos trabalhadores pela degradação dos dispositivos revelam a imposição da lógica produtiva. A manutenção (corretiva) nos

lançadores e recebedores, a montante do *manifold* de produção, só poderiam ser feitas através de paradas programadas para manutenção.

4.3.6 O “uso real” dos instrumentos e as estratégias elaboradas

Os instrumentos que indicam a partida e a chegada do PIG nas estações não garantem uma indicação confiável. Verificou-se na situação de trabalho que a confirmação só se concretiza quando o operador repete todo o processo de realinhamento, despressurização e abertura da câmara para verificar se o PIG realmente foi lançado (e caso não tenha sido lançado, terá que repetir mais uma vez o processo). Contudo, a informação dada pelos sensores não é completamente descartada, sendo utilizada de forma auxiliar para a estimativa da partida ou da chegada do PIG.

Este conjunto de fatores contribui para a atenção do operador com o posicionamento do PIG e, conseqüentemente, a preocupação com o sucesso da partida logo na primeira manobra, evitando repeti-la.

Para o recebimento, a indicação é transmitida ao console do operador na sala de controle, igualmente não confiável. Ele pode ser utilizado também em caráter confirmatório, tendo em vista que a principal referência para a indicação de recebimento são os gráficos de tendência que o operador P1 acompanha durante a manobra.

O acompanhamento desses gráficos de tendência de pressão e vazão é um reflexo direto do fato de a manobra ser um fenômeno que gera perturbação no sistema, de representar prejuízos do ponto de vista financeiro e, portanto, não se deve perder tempo com o óleo alinhado para a câmara de recebimento (com vazão reduzida). Indiretamente, favorece o operador de área por aumentar a possibilidade de se precisar a chegada do PIG na câmara, reduzindo seu desgaste causado por inspeções visuais desnecessárias.

No entanto, esta técnica não é absolutamente confiável. Um pico de pressão no indicador de chegada da linha é indício da passagem da espuma, mas também poderia ser um grande acúmulo de parafina, conforme verbaliza um dos operadores: “E se ao invés do PIG vem uma massa de parafina com densidade e tamanho parecido com ele? Como vou diferenciar pelo gráfico se ele [o gráfico] vai ser igual?”.

De qualquer forma, a análise pelos gráficos de tendência permite estimar o recebimento com muito mais precisão do que o indicador usual, pois, de acordo com verbalizações dos operadores, picos “falsos” que geram uma inspeção desnecessária são raros.

4.4 As exigências físicas da atividade na passagem de PIG

Nas seções anteriores foram observados aspectos característicos do trabalho na IPC, como a periculosidade, a complexidade e a presença do modo degradado de funcionamento, elementos determinantes do trabalho do operador P3. A análise da atividade desse operador evidenciou as exigências físicas impostas pelo sistema.

4.4.1 As exigências físicas e seus determinantes

A utilização do sistema CAPITV® na análise da atividade permitiu caracterizar as situações de intenso esforço físico e de exposição a fatores de risco de distúrbios musculoesqueléticos, identificando alguns de seus determinantes e quantificando-os.

Conforme já mencionado, dois sensores foram utilizados para o registro desta atividade: um cardiófrequencímetro para medida da frequência cardíaca e um goniômetro para medição dos ângulos de desvio radial e ulnar do punho direito e do operador. A medida da frequência cardíaca é empregada como parâmetro indicativo de esforço físico e permitiu identificar situações de esforço através da classificação de sua intensidade (MEYER, 1996) e da análise de suas variações no decorrer da atividade. A medida dos ângulos de desvio do punho permite identificar as situações que expõem a articulação do mesmo a fatores de risco de distúrbios musculoesqueléticos.

Além da utilização da medida dos sensores, a codificação *a posteriori* com base na observação das posturas adotadas pelo operador permite também avaliar as situações de penosidade baseado no critério de intenso esforço e de exposição aos riscos de distúrbios musculoesqueléticos. Decidiu-se então codificar a posição dos braços com o objetivo de identificar situações em que o operador mantém os braços levantados e seus determinantes. Conforme já mencionado, a posição levantada dos braços contribui tanto

para o aumento da intensidade do esforço quanto para a exposição das articulações dos ombros a fatores de risco de distúrbios musculoesqueléticos.

Duas situações registradas serviram de base para essa análise da atividade. A primeira foi registrada em maio de 2007 com o CAPTIV®. O início da manobra ocorreu às 10h49 tendo terminado o lançamento às 11h33. O recebimento se iniciou só na parte da tarde às 15h14 e terminou às 15h42. A segunda situação, acompanhada presencialmente com diário de campo (a planilha de acompanhamento se apresenta no anexo IV), se iniciou às 21h08 e só terminou às 23h12. O recebimento de PIG nessa situação não foi possível de se registrar.

A codificação das etapas da atividade apresentadas no Quadro 6 permitiu situar os momentos críticos, servindo como referência para as diversas situações identificadas. A seqüência dessas etapas nas atividades de operação registradas com o CAPTIV® se apresenta no anexo V.

Quadro 6 - etapas da atividade de operação

	Lançamento de PIG	Recebimento de PIG
Fases da atividade	<ul style="list-style-type: none"> • Preparação; • Alinhamento do recebedor; • <i>By-pass</i> da PSV (despressurização); • Abertura da portinhola; • Drenagem do lançador; • Inserção do PIG; • Fechamento da portinhola; • Alinhamento do lançador; • Realinhamento do lançador 	<ul style="list-style-type: none"> • Preparação; • Realinhamento do recebedor; • Drenagem do recebedor; • <i>By-pass</i> da PSV; • Abertura da portinhola, retirada e inserção da cesta; • Fechamento do recebedor

Além dos elementos evidenciados a partir da utilização do CAPTIV®, no que se refere às exigências físicas, a análise revelou situações problemáticas como, por exemplo, a dificuldade de acesso a volantes de válvulas e o excesso de deslocamentos.

A intensidade de esforço físico na atividade e seus determinantes

Diante do exposto no início desta seção e no capítulo 3, o comportamento da frequência cardíaca na atividade fornece indícios das situações em que o operador intensifica ou reduz seu esforço físico.

A análise das variações da frequência cardíaca e a avaliação de sua intensidade³⁴ (MEYER, 1996) situadas nas etapas da atividade caracterizaram as situações de esforço físico e permitiu evidenciar os determinantes dos mesmos. Adiante se apresentam as situações identificadas. A Figura 22 apresenta o gráfico de frequência cardíaca do operador P3 durante o lançamento de PIG.

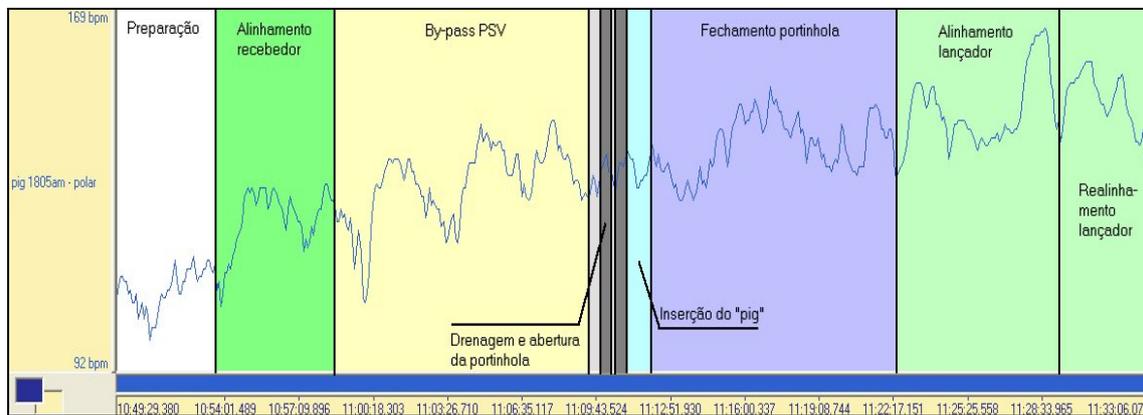


Figura 22 - gráfico de frequência cardíaca do operador e fases da atividade

A primeira situação com variação expressiva da frequência cardíaca ocorre na fase de preparação. O simples deslocamento do “abrigo” para a área das estações lançadoras e receptoras faz a frequência cardíaca do operador subir 22 b.min⁻¹ levando, inicialmente, a intensidade de esforço do operador para ‘moderada’.

A situação identificada em seguida ocorre no alinhamento do receptor. O manuseio dos volantes das válvulas de “entrada” da câmara (nº 1 e 2 de acordo com a Figura 12) faz a frequência cardíaca do operador subir de 103 b.min⁻¹ para 130 b.min⁻¹, levando a intensidade de esforço ao patamar ‘alta’. Contribuem para o esforço físico a altura do volante, que requer o levantamento dos braços, e a rigidez do manuseio dessas válvulas. Percebe-se no vídeo da atividade a rigidez do manuseio no decorrer da atuação sobre as mesmas e não somente no início, ou seja, o torque de atuação completa tem maior contribuição no aumento do esforço físico.

Em seguida, a fase de *by-pass* da PSV é a primeira que apresenta intensidade de esforço já acima do limite salutar, no patamar ‘muito alto’. O valor de frequência

³⁴ As fórmulas para cálculo do custo cardíaco relativo (CCR), determinante da intensidade de esforço físico, são apresentadas no anexo II. A idade do operador observado era de 49 anos na época em que o registro com o CAPTIV® foi realizado.

cardíaca para o qual a CCR é de 40% (valor limítrofe entre os patamares ‘alto’ e ‘muito alto’) é de 123 b.min^{-1} . A primeira variação brusca dos batimentos cardíacos do operador nesta etapa da atividade ocorre em função do deslocamento por escadas (Figura 23), apresentado acréscimo de 34 b.min^{-1} . A localização da área das PSVs e das estações, bem como o trajeto por escadas que deve ser percorrido entre estas duas áreas foram apresentados na seção 4.2 (os deslocamentos serão analisados em maiores detalhes mais adiante ainda nesta seção).



Figura 23 - deslocamento entre as estações e a área das PSVs

Ao chegar à área das PSVs, o operador logo inicia a tentativa de abertura da válvula de *by-pass* (Figura 24), o que mantém sua frequência cardíaca em valores próximos a 138 b.min^{-1} , valor apresentado quando acaba de subir as escadas. Após um breve intervalo – por ter decidido aguardar o outro operador que o acompanhava na atividade trazer a chave de roda – o que faz sua frequência cardíaca cair para 118 b.min^{-1} , tenta novamente a abertura sem a chave, elevando-a a 146 b.min^{-1} . As tentativas freqüentes acabaram rompendo o torque isométrico da válvula e, em seguida, o manuseio contínuo (que dura pouco mais de um minuto) mantém a frequência cardíaca próxima a 140 b.min^{-1} .



Figura 24 - atuação manual na válvula de *by-pass* da PSV

Após a abertura, interrompendo o manuseio da válvula, verifica a passagem de gás através da escuta e sua frequência cardíaca cai, indo a 128 b.min^{-1} . Após ter

verificado o esvaziamento do lançador de PIG, começa a fechar a válvula de *by-pass*, o que eleva novamente sua frequência cardíaca, chegando a 147 b.min⁻¹.

Na volta às estações, o esforço requerido para a descida pelas escadas não é suficiente para manter a frequência cardíaca no nível próximo aos 140 b.min⁻¹ que foi imposto pela atuação nas válvulas de *by-pass* da PSV. Na descida seu valor cai para 129 b.min⁻¹.

As fases seguintes, drenagem do lançador, abertura da portinhola e inserção do PIG, não apresentaram aumento expressivo da intensidade do esforço físico. Houve apenas um aumento de 10 b.min⁻¹ ao realizar o destravamento da portinhola. Vale ressaltar que o manuseio das válvulas de dreno foram de curta duração e, portanto, não contribuíram para o aumento do esforço físico.

O fechamento da portinhola do lançador é outra situação que impõe intenso desgaste físico ao operador. Esta situação se prolonga por mais de 10 minutos diante da dificuldade de encaixe. Durante as diversas tentativas de fechamento, a frequência cardíaca do operador chegou a 155 b.min⁻¹ e a CCR nesta fase já se mantinha acima de 60%.

Observou-se tanto no vídeo quanto no acompanhamento registrado em diário de campo que o fechamento é um processo desgastante de tentativa e erro, cujo desafio é realizar o trancamento com a trava quando a portinhola estiver bem alinhada em relação à entrada da câmara. Esse encaixe requer esforço e em ambas as atividades registradas houve auxílio de outro operador (enquanto um forçava a porta, o outro realizava o trancamento com o pino) conforme mostrado na Figura 25. A dificuldade de encaixe da portinhola é resultante de sua degradação (seu empeno, o desgaste das bordas que fazem contato com a câmara, etc), que se acentua nas câmaras mais utilizadas, conforme verbalizado por um dos operadores de produção: “No início (na época da partida da plataforma), não tinha esse problema. Depois com o uso foi piorando... as mais usadas são as mais difíceis de se fechar...”.



Figura 25 – fechamento do tampão da câmara de lançamento

Durante o alinhamento do lançador, o manuseio dos volantes de válvulas nº 8, 10 e 6 (Figura 11), nesta ordem, elevam a frequência cardíaca para 168 b.min^{-1} . Cabe ressaltar que válvulas em linhas de alta pressão, como no caso dos lançadores, apresentam torque (principalmente o isométrico) elevado. Em seguida, enquanto faz a equalização das pressões a montante e a jusante das válvulas de “entrada” do lançador, a frequência cardíaca cai se mantendo entre 138 b.min^{-1} e 146 b.min^{-1} . Após a partida do PIG, o realinhamento do lançador faz a frequência cardíaca subir novamente, atingindo o pico de 169 b.min^{-1} . Tal aumento ocorre em função do manuseio das mesmas válvulas. Nas duas etapas citadas neste parágrafo, a CCR se mantém acima de 70%.

Como se observa no gráfico, a frequência cardíaca cresce progressivamente durante a atividade. Conforme já mencionado, a intensidade de esforço físico se mantém acima do nível adequado desde a fase de *by-pass* da PSV. Além disso, a intensidade se mantém nos níveis ‘muito alta’ e ‘intensa’ durante 81,9% do tempo. Tais observações mostram que a atividade analisada impõe ao operador desgaste físico em excesso. A Tabela 1 apresenta a avaliação da intensidade de esforço físico em todas as fases do lançamento de PIG.

Tabela 1 – classificação da intensidade esforço físico no lançamento de PIG

Fase	Duração (mm:ss)	FC média (b.min^{-1})	CCA	CCR	Intensidade	Limite MC (160 b.min^{-1})	Mínima (b.min^{-1})	Máxima (b.min^{-1})
Preparação	04:05	107	15	18,99%	Moderada	Adequado	95	115
Alinhamento RP	05:05	123	31	39,24%	Alta	n.a.	103	132
<i>By-pass</i> PSV	10:44	132	40	50,63%	Intensa	n.a.	104	147
Dreno (1)	00:30	131	39	49,37%	Muito alta	Adequado	129	134
Abertura tampão (1)	00:25	136	44	55,70%	Intensa	Adequado	135	139
Dreno (2)	00:11	131	39	49,37%	Muito alta	Adequado	130	132
Abertura tampão (2)	00:28	136	44	55,70%	Intensa	Adequado	134	138

Inserção do PIG	01:02	136	44	55,70%	Intensa	Adequado	131	140
Fechamento portinhola	10:21	141	49	62,03%	Intensa	n.a.	128	155
Alinhamento LP	06:52	149	57	72,15%	Intensa	n.a.	134	169
Realinhamento LP	03:53	151	59	74,68%	Intensa	n.a.	135	161

Exposição a risco de distúrbios musculoesqueléticos e seus determinantes

Duas formas de avaliar a exposição a fatores de risco de distúrbios musculoesqueléticos durante a atividade foram empregadas nesta análise com o CAPTIV®. A primeira avaliou a posição dos braços, pois foram observadas muitas situações em que o operador mantém os mesmos levantados por longos períodos. Conforme já mencionado, esta posição expõe a articulação dos ombros ao desgaste em função da compressão, além de contribuir para o aumento do esforço. A segunda forma avaliou a exposição da articulação do punho direito do operador.

As situações que impuseram ao operador que ficasse com os braços levantados foram identificadas com o *software*. O percentual de tempo da atividade em que fica com os braços levantados, incluindo o tempo de preparação, é de 49,5%, o que é significativo (Figura 26). Seguindo a cronologia da atividade registrada, a primeira etapa com grande ocorrência da posição dos braços do operador levantada é o alinhamento do receptor, em função da altura elevada dos volantes das válvulas manuseadas (Figura 27).

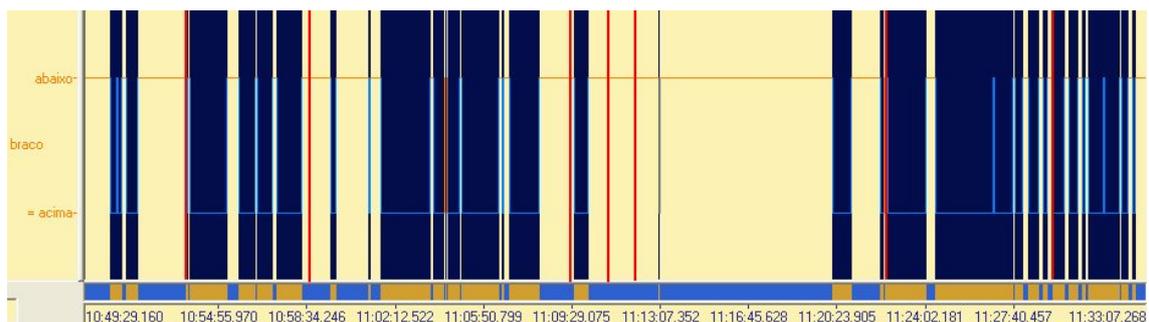


Figura 26 – posição dos braços: momentos com braços levantados (destacados em azul)



Figura 27 – manuseio de válvula no recebedor

Outra situação que exige que o operador fique com os braços levantados é o manuseio das válvulas de *by-pass* da PSV (Figura 24). A exigência imposta pelo manuseio das válvulas de *by-pass* da PSV é crítica, pois os torques isométrico e de atuação completa são ambos elevados. Fatores que contribuem para esta situação são a alta pressão e a degradação (esta última em parte em função da exposição da válvula ao ambiente marítimo).

As próximas fases nas quais há grande ocorrência da posição de braços levantados são o alinhamento e realinhamento do lançador (Figura 28). Assim como no alinhamento do recebedor, a posição elevada dos volantes da estação impõe que o operador levante os braços para manuseá-los. Conforme avaliado anteriormente, esta é uma situação que também impõe intenso esforço físico ao operador.



Figura 28 – alinhamento do lançador

As medições dos ângulos de desvios radial e ulnar e de flexões dorsal e palmar do punho direito do operador também permitiram avaliar e identificar situações de exposição a riscos de distúrbios musculoesqueléticos. Conforme mostrado no capítulo 3, caracterizou-se a exposição a estes fatores de risco nos momentos em que os ângulos

de desvio ultrapassassem limites preestabelecidos com base nos estudos antropométricos apresentados por PANERO e ZELNIK (2002).

A partir das medições dos ângulos dos movimentos do punho do operador, verificou-se que o principal movimento que expõe sua articulação é a adução (desvio radial), apresentando ângulo de desvio maior do que o valor limite de 15° (PANERO e ZELNIK, 2002) durante 18% do tempo da atividade (incluindo a fase de preparação). A Figura 29 apresenta o gráfico contendo a variação deste ângulo de desvio na atividade. Praticamente não houve situações em que o ângulo de desvio ulnar (movimento de abdução) se manteve acima do valor limite (menos de 1% do tempo de atividade).

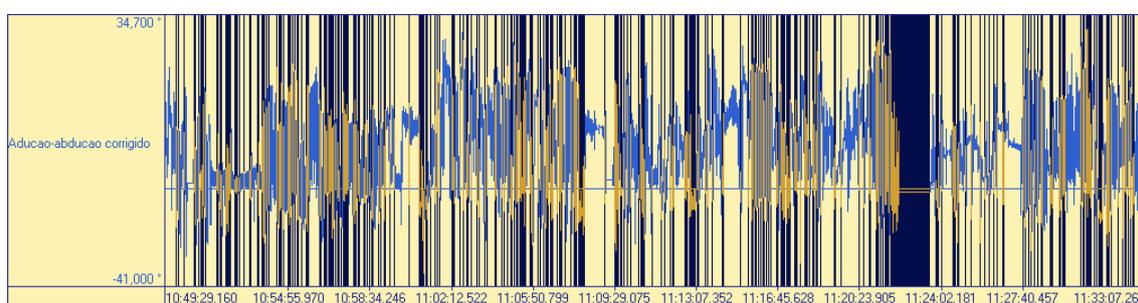


Figura 29 - Medida dos ângulos de desvios radial e ulnar durante a atividade

Os movimentos de flexão dorsal e palmar também foram avaliados (Figura 30). Assim como para o desvio ulnar, períodos em que a flexão palmar expôs o punho do operador a algum fator de risco são desprezíveis. Já a flexão dorsal expôs o punho do operador (ângulo de desvio maior do que 70°) por tempo relativamente curto. As durações dos períodos correspondentes a esta condição totalizaram 7,5% do tempo de atividade.

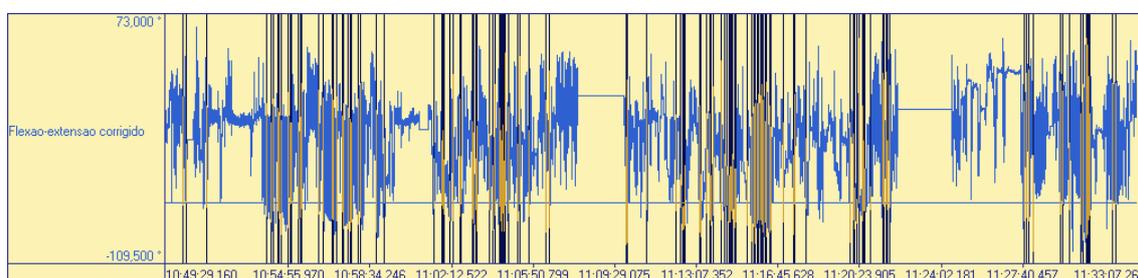


Figura 30 - Medida dos ângulos de flexão palmar e dorsal durante a atividade

As fases da atividade em que a articulação do punho do operador se apresentou mais exposta a fatores de risco em função de seu movimento de adução foram o fechamento da portinhola, o alinhamento e o realinhamento do lançador. Já a flexão palmar expôs mais o punho nas fases de *by-pass* da PSV e também no fechamento da

portinhola. Alguns momentos pontuais durante o alinhamento do recebedor, alinhamento e realinhamento do lançador foram identificados. Observou-se também que a utilização do rádio, que era freqüente, na maioria das vezes fazia com que o ângulo de desvio radial ultrapassasse seu limite. Nos parágrafos seguintes se apresentam as situações identificadas e seus determinantes.

Na ordem cronológica da atividade, as primeiras situações identificadas foram manuseios dos volantes de válvulas do recebedor durante seu alinhamento. Houve diversos momentos, durante o manuseio dos volantes, em que os ângulos de desvio radial e do movimento de flexão dorsal ultrapassaram seus limites. Essa exposição, que ocorre em um ato comum de manuseio da válvula, se acentua por seus altos torques isométrico e de atuação completa e a altura elevada de seu volante (medidas apresentadas no anexo III).

Em seguida, outra situação com período significativo de exposição é o *by-pass* da PSV. O manuseio da válvula de *by-pass* impôs que o ângulo do movimento de flexão dorsal ultrapassasse seu limite. Nesta situação, o formato do volante da válvula (conforme se observa na Figura 13 (A) na seção 4.2) e os altos torques isométrico e de atuação completa são os principais fatores que contribuem para a hiperextensão.

No fechamento da portinhola da estação lançadora (Figura 31), a utilização do bastão de tranca da portinhola impõe a exposição articular do punho nos movimentos de adução em alguns momentos e, em outros, expõe a articulação na flexão dorsal. Outra situação que freqüentemente impõe a exposição do punho a fatores de risco é o manuseio da válvula de equalização com a chave de roda tanto durante o alinhamento quanto durante o realinhamento do lançador (Figura 32).



Figura 31 - Movimento de adução no fechamento da portinhola



Figura 32 – manuseio da válvula equalizadora na entrada do lançador

Nesta fase, verificou-se que a utilização da ferramenta utilizada para facilitar o fechamento da portinhola (Figura 33) expõe o punho a fatores de risco simultaneamente no movimento de adução e de flexão dorsal, conforme identificado nos gráficos das medidas do goniômetro (Figura 34).



Figura 33 - Fechamento da portinhola: utilização de ferramenta de auxílio

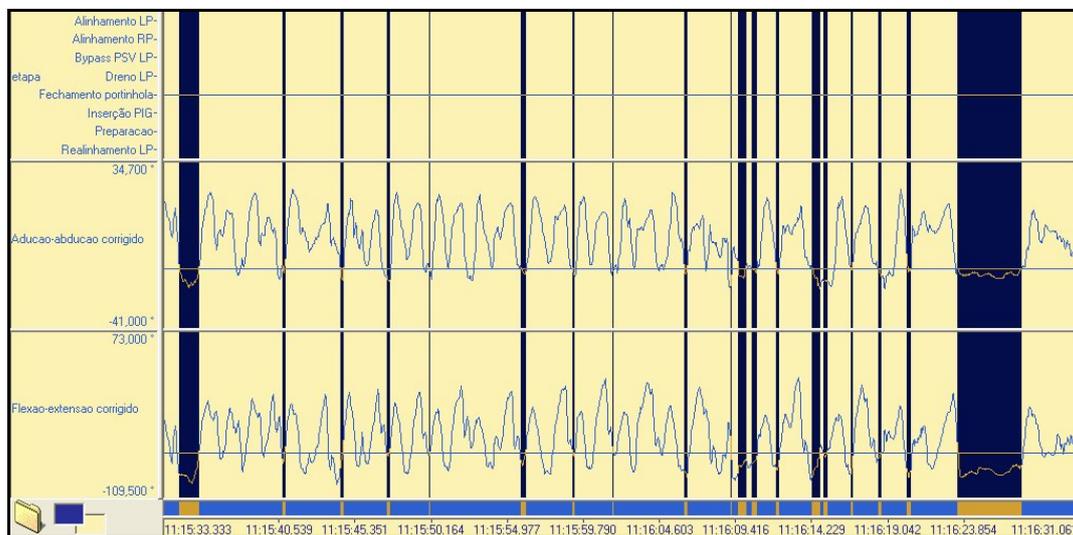


Figura 34 – simultaneidade da exposição dos movimentos de adução e de flexão dorsal

Os deslocamentos para a área das PSVs

Nas entrevistas iniciais com os operadores, o deslocamento foi tido como um ponto crítico na operação do sistema de lançamento e recebimento de PIG. As observações das atividades e as verbalizações *a posteriori* permitiram estabelecer a dinâmica dos deslocamentos vinculada às ações dos operadores. Além do inevitável deslocamento para a abertura do *by-pass* da PSV, há duas situações que contribuem para o aumento da quantidade de deslocamentos entre a área das estações e das PSVs.

A primeira ocorre quando, após a abertura do *by-pass*, o operador volta para as estações para avaliar a pressão no interior da câmara realizando leituras no manômetro e

inferindo a quantidade de gás liberada pelos suspiros da mesma. Caso o operador verifique que ainda há pressão residual, haverá necessidade de o *by-pass* da PSV ficar aberto por mais tempo, e, portanto, é obrigado a retornar à área das PSVs para abrir a válvula novamente.

A outra situação ocorre em função da necessidade de utilização de ferramentas ao atuar nas válvulas de *by-pass*. O alto torque destas válvulas e o acesso aos volantes obstruído em função da presença de tubulações são fatores que contribuem para a utilização de chaves específicas para a atuação nestas válvulas. Tendo em vista que as chaves não ficam guardadas próximas à área das PSVs, o operador se desloca para pegá-la em local próximo às estações.

Problemas de acesso

Situações problemáticas de acesso ao volante de válvulas foram observadas. Nas válvulas de *by-pass* de PSVs e de liberação do gás para o *flare* no módulo 3A, foi verificado problema de acesso aos volantes em função da presença de tubulações no entorno dos mesmos (Figura 35). Esta situação é crítica, pois, conforme já mencionado, o manuseio das válvulas de *by-pass* é rígido e o operador deve utilizar uma chave de roda para realizar a abertura da mesma. A altura do volante das válvulas que fazem a liberação do gás para o *flare* impõe que o operador se abaixe e não possa adotar posturas que favoreçam o menor esforço, além de ter que torcer o tronco em função da dificuldade de acesso. Cabe ressaltar que a situação não se verifica no outro módulo de PIGs e *manifolds* da plataforma. Os volantes de *by-pass* das PSVs no módulo 2A não apresentam problemas de acesso. Suas regiões de acesso se apresentam livres de obstruções conforme se observa na Figura 36.



Figura 35 – acesso ao volante de *by-pass* da PSV no módulo 3A



Figura 36 – área das PSVs no módulo 2A: sem obstruções nos acessos

Os volantes de válvulas de liberação de *diesel* para o *header* de serviço e para o lançador possuem acesso obstruído pela presença de outras instalações. Na válvula de liberação de *diesel* para o *header* (Figura 37), há uma pequena plataforma a aproximadamente 70 cm do nível do piso que o impede de se aproximar mais do volante. O ângulo de orientação do mesmo volante se encontra deslocado, dificultando ainda mais o manuseio. Na válvula de liberação para o lançador (Figura 38), a presença da escada, de uma tubulação, e de um platô inferior a aproximadamente 70 cm do chão, o ângulo de orientação do volante deslocado, contribuem para a falta de liberdade postural, que é agravada pelo alto torque da válvula. Este quadro contribui para o aumento do esforço físico e a exposição a fatores de risco de distúrbios musculoesqueléticos.



Figura 37 - atuação na válvula de liberação de diesel para o *header*



Figura 38 - atuação na válvula de liberação de *diesel* para o lançador

4.5 Características gerais da atividade de manutenção preventiva

A análise da atividade do mantenedor evidenciou principalmente situações de intensa exigência física. Como as atividades de manutenção no sistema podem, incidentalmente, perturbar o processo produtivo, a análise revelou também cuidados e preocupações dos mantenedores durante a execução de suas tarefas.

Diferentemente do que ocorre na operação, para a qual o tempo é um constrangimento diretamente vinculado às exigências da produção, a principal restrição de tempo relacionada às atividades de manutenção preventiva advém do atendimento às ordens de manutenção. A pressão de tempo ou sua ausência ao realizar as tarefas de manutenção estão vinculadas às variabilidades intrínsecas da organização do trabalho de manutenção da plataforma: ausência de um ou outro integrante da equipe; demanda excessiva ou não de serviços de manutenção no turno; decisões do líder em relação ao escalonamento dos serviços a serem realizados durante o dia, etc. Já as operações mais “próximas” do processo produtivo são mais restritas ao próprio caráter contínuo do trabalho.

Situações anormais na planta de processo também têm reflexo sobre o trabalho de manutenção. No caso de urgências de última hora, o líder de manutenção necessita mobilizar a equipe e replanejar ou adiar as ordens de manutenção a serem atendidas. Assim, não se ignora o fato de que, neste caso específico, a pressão de tempo é definida pela situação de anormalidade da planta e, portanto, pelo caráter contínuo do trabalho. Entretanto, no geral, observa-se que é a própria organização do trabalho de manutenção, os seus cronogramas e as decisões dos líderes de manutenção e coordenadores que definem as pressões de tempo nas atividades dos mantenedores.

Além dos determinantes apresentados nos parágrafos anteriores, que impõem ou não pressão temporal aos mantenedores, cabe apresentar determinantes específicos da manutenção preventiva nos lançadores e recebedores de PIG:

- Frequência da tarefa definida no sistema informatizado da empresa: está programada, semestralmente, a *lubrificação das válvulas manuais* (tarefa analisada nesta seção), para cada lançador e receptor de PIG³⁵;
- Execução individual ou em dupla: no dia da execução da tarefa, cabe ao líder da equipe de manutenção mecânica decidir se a atividade será realizada individualmente ou em dupla, se será realizada completamente ou parcialmente, ou se será adiada. O líder faz novas decisões a todo instante de acordo com pessoas que se apresentam disponíveis, ordens de manutenção a atender, prioridades ou urgências que podem surgir. Independente de quem a execute, a tarefa realizada em dupla ameniza as exigências físicas, porém só será feita desta forma caso haja disponibilidade de pessoas no momento de sua execução; e
- A quantidade de lançadores e receptores de PIG a receber manutenção em um dia: mais de uma estação pode receber a manutenção no mesmo dia. Esta quantidade imporá ao mantenedor maior ou menor desgaste físico em um dia de trabalho.

4.5.1 Descrição da atividade de manutenção preventiva

Com o objetivo de manter a segurança e o bom funcionamento das estações de lançamento e recebimento de PIG, realiza-se a manutenção preventiva em função da degradação que se acentua com a exposição dos equipamentos ao ambiente marítimo. A manutenção preventiva das estações é realizada principalmente nas válvulas, pois são os dispositivos mais numerosos e que desempenham o papel mais importante na operação do sistema. Na situação estudada, esta manutenção consiste de:

- Lubrificação das válvulas através da inserção de graxa selante, que contribui para a manutenção de componentes internos das mesmas, além de favorecer o manuseio suave;
- Limpeza e lubrificação dos estojos (hastes, roscas e porcas) das estações;

³⁵ As ordens de manutenção do sistema comporão futuramente uma planilha provisória a ser reprogramada diariamente na reunião denominada *Controle de Trabalho Simultâneo*. A reprogramação foca nos eventos do dia seguinte e, portanto, de acordo com as prioridades estabelecem-se quais manobras, serviços de manutenção ou tarefas serão realizadas. As prioridades são definidas de acordo com a urgência da tarefa, a ocupação espacial de pessoas e equipamentos auxiliares, o risco da manobra para a produção, pessoas e equipamentos.

- Amaciamento das válvulas, com o propósito de se garantir condições de uso durante a operação de passagem de PIG;
- Limpeza interna das estações; e
- Inspeções de vazamento e do anel de vedação da portinhola da câmara.

A manutenção das válvulas contribui para se manter o bom funcionamento das que garantem o isolamento das estações lançadoras, que trabalham com gás a altas pressões. Logo, a manutenção preventiva é importante também para a segurança. Conforme mostrado na seção 4.4, defeitos nestas válvulas põem em risco os trabalhadores e equipamentos presentes no módulo.

4.5.2 A tarefa prescrita

Há duas tarefas definidas para as estações de lançamento e recebimento de PIG: a *lubrificação de válvulas manuais* e a *preventiva mecânica para lançador e recebedor de PIG*.

A prescrição da tarefa de lubrificação de válvulas manuais (que contempla o amaciamento e a manutenção de flanges) não se aplica somente às válvulas dos lançadores e recebedores de PIG. A tarefa prescrita consiste de:

- 1 – Amaciar as válvulas através do giro de seus volantes (com o cuidado de não girar mais do que “5% de seu curso”);
- 2 – Limpar a haste, volante, corpo, parafuso e flanges, observando o estado da pintura e se há indício de oxidação;
- 3 – Caso haja oxidação, remover o máximo da superfície oxidada com uma escova de aço;
- 4 – Realizar a inspeção de vazamentos por gaxetas ou juntas, sanando-os através do aperto de parafusos ou do ajuste da sobreposta, se necessário (evitando realizar estes dois procedimentos em equipamentos pressurizados);
- 5 – Caso haja pino graxeiro, realizar a inserção de graxa pelo mesmo até que a graxa velha saia pelo dreno ou, caso não haja dreno, a quantidade de graxa especificada pelo fabricante seja injetada;

- 6 – Proteger partes sujeitas à oxidação (haste, roscas, parafusos, porcas, etc) com graxa ou “protetivo”; e
- 7 – Girar novamente o volante, em ambos os sentidos (com o cuidado de não girar mais do que “5% de seu curso”).

A outra tarefa, *preventiva mecânica para lançador e receptor de PIG*, de acordo com a sua prescrição, consiste dos seguintes procedimentos:

- 1 – Limpar o equipamento internamente;
- 2 – Inspeccionar as linhas quanto a vazamentos; e
- 3 – Inspeccionar o anel de vedação da porta de visita.

Embora haja operadores de produção que executam essa segunda tarefa nos lançadores e receptores por iniciativa própria (ato registrado em um dos acompanhamentos de atividade da equipe de produção), os mantenedores declaram que há também situações em que operadores abrem uma nota de manutenção no sistema informatizado (SAP) para que o serviço seja realizado pela equipe de manutenção mecânica.

4.5.3 Descrição sistemática da atividade do mantenedor nos lançadores e receptores de PIG

Para iniciar a manutenção preventiva nos lançadores e receptores de PIG, o mantenedor precisa de dois documentos. Um é a ordem de manutenção que é entregue a ele pelo líder de manutenção mecânica. Este documento contém a descrição da tarefa e a definição de quais estações devem receber a preventiva. O outro é a permissão de trabalho (PT), que retira com o operador P3 no “abrigo” dos operadores.

Após a emissão da PT, o operador P3 e o mantenedor (ou dupla de mantenedores) se deslocam do “abrigo” para a área das estações. O mantenedor carrega instrumentos que irá utilizar durante a execução das tarefas: chave de roda, pote de graxa, pincel e bomba de alta pressão. Leva também um cartaz com a PT para fixar na estação em que irá trabalhar.

O mantenedor inicia o serviço pela inserção de graxa nas válvulas das estações, o que contribui não só para a manutenção da válvula, mas também para a diminuição da rigidez do manuseio (e por este motivo, mantenedores iniciam as atividades por ela). Esta inserção é feita com uma bomba de alta pressão com a qual se insere o seu “bico” de saída nos pinos “graxeiros” (pinos P1 a P5 indicados na Figura 12).

Em seguida, faz o amaciamento das válvulas, manuseando seus volantes em alternância dos sentidos horário e anti-horário. Conforme já mencionado, a prescrição da tarefa instrui o mantenedor a girar a válvula no limite de 5% de forma a não fechá-la ou abri-la, porém há situações em que os operadores passam deste limite para garantir um amaciamento de melhor qualidade. De acordo com a numeração da Figura 11, as válvulas amaciadas no lançador são as de volante nº 6, 7, 8 e 14. No recebedor, (esquema da Figura 12), as válvulas amaciadas são as de nº 1, 2, 4, 5 e 13. Realiza também a despressurização do manômetro utilizando seu suspiro. Abre rapidamente sua válvula, em função da grande liberação de gás, principalmente nos lançadores.

Para preservação dos estojos, o mantenedor faz a limpeza, remoção de camadas de ferro oxidado utilizando uma espátula e em seguida realiza a lubrificação, utilizando um pincel para passar graxa nos estojos.

4.5.4 As exigências físicas da atividade e seus determinantes

Realizaram-se dois acompanhamentos de atividade com mantenedores: um registrado com o CAPTIV® e outro com diário de campo. No primeiro, um mantenedor realizou o serviço em oito estações (quatro lançadores e quatro recebedores). No segundo, outro mantenedor realizou a manutenção em apenas duas estações. O registro deste segundo acompanhamento se apresenta no anexo IV. Em ambos os casos, cada mantenedor trabalhou individualmente.

Com base nas observações das atividades, definiram-se cinco fases, as quais são apresentadas no Quadro 7. Cada fase foi caracterizada de acordo com as principais tarefas identificadas, que apresentam ações e objetivos que as constituem.

Quadro 7 - definições das fases da atividade

Fase	Descrição da fase	Ações características
Amaciamento de válvulas	Fase na qual o mantenedor realiza o amaciamento das válvulas dos lançadores e recebedores através do manuseio do volante das mesmas.	Girar os volantes de válvulas (sem realizar voltas completas) com ou sem chave de volante, pegar a chave, largar a chave.
Inserção de graxa selante	O mantenedor realiza a inserção de graxa selante nos pinos “graxeiros” com a bomba de alta pressão.	Pegar a bomba, sustentar a bomba, encaixar o bico da mangueira da bomba no pino graxeiro, bombear, desengatar o bico, largar a bomba.
Lubrificação dos estojos	O mantenedor limpa e lubrifica os estojos nos flanges das válvulas.	Remover camadas de oxidação dos estojos, passar graxa com o pincel, carregar o pote de graxa.
Preparação	Fase inicial na qual o mantenedor retira a PT, desloca-se para a área das estações, prepara instrumentos.	Caminhar, carregar instrumentos.
Descanso	Período, arbitrado pelo próprio mantenedor, no qual ele repousa, possivelmente após fases de intenso esforço físico.	Repousar, deslocar-se para o ponto de lanche (módulo de acomodações).

Quadro 8 – etapas da atividade: evolução no tempo

Tempo	Preparação	Inserção de graxa selante	Amaciamento	Descanso	Lubrificação dos estojos
16h04					
16h06		(1)			
16h07			(1)		
16h16		(2)			
16h19			(2)		
16h38					
16h46					
16h49		(3)			
16h50			(3)		
Duração (%)	4,61%	10,02%	61,93%	18,60%	4,84%

A seqüência das fases durante a atividade registrada com o CAPTIV® se desenvolveu da forma apresentada no Quadro 8. Percebe-se no mesmo que as fases de inserção de graxa selante e amaciamento de válvulas se distribuem em mais de um

momento, coincidentemente ambas se dividindo em três períodos distintos. As outras fases ocorrem de uma só vez.

Como se observa no Quadro 8, a tarefa com maior duração foi a de amaciamento de válvulas (61,83% dos aproximadamente 50 minutos). Já na atividade registrada em diário de campo, a duração desta tarefa ocupou aproximadamente 20% do tempo. Nesta segunda situação, com duração aproximada de 26 minutos, o mantenedor priorizou a lubrificação dos estojos.

A intensidade de esforço físico na execução das tarefas

O gráfico apresentado na Figura 39 apresenta o comportamento da frequência cardíaca do mantenedor situado nas etapas da atividade. Apresentam-se nele três setas, que representam momentos específicos da variação da frequência cardíaca, os quais serão descritos em seguida.

A seta 1 representa o rápido aumento dos batimentos cardíacos no primeiro ciclo de *inserção de graxa selante* (aumento de $19 \text{ b}\cdot\text{min}^{-1}$), o que é indicativo de esforço despendido nesta etapa. De acordo com MEYER (1996), a classificação da intensidade de esforço (*código de Minnesota*) é adequada no período. A fase anterior de preparação foi um período no qual não se realizou esforço significativo.

Em outras palavras, embora as ações características de uma etapa da atividade contribuam diretamente para o aumento da intensidade do esforço, é necessário observar se a fase anterior já impunha ou não exigências que elevassem a frequência cardíaca do mantenedor (ou se a mesma já se encontrava em um patamar que apresentasse intensidade de esforço elevada).

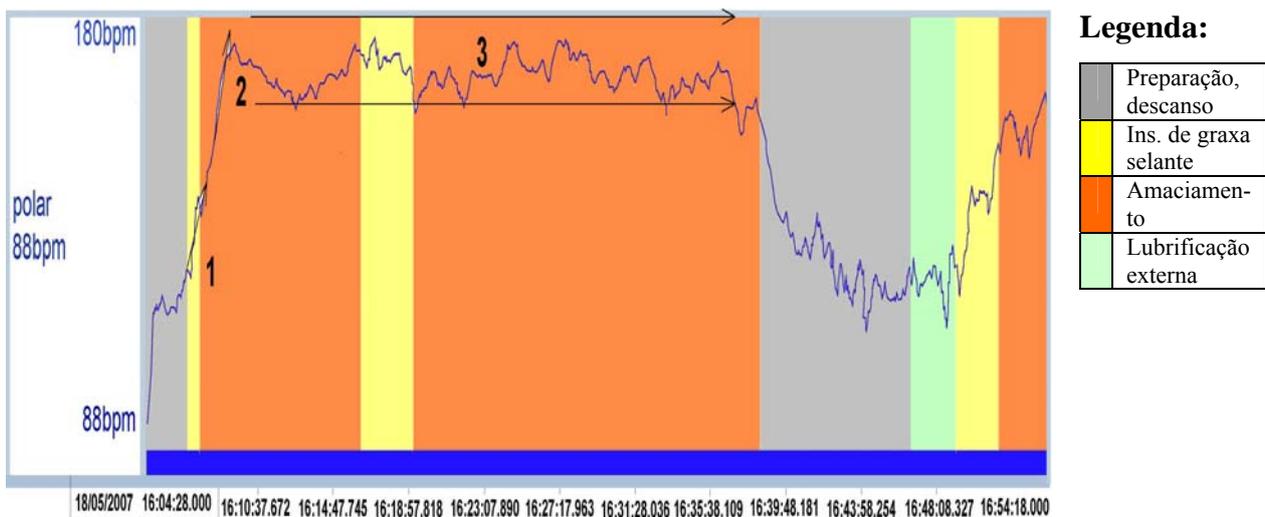


Figura 39 – variação da frequência cardíaca situado nas etapas da atividade

Assim, pouco contribui para este primeiro ciclo de inserção de graxa selante a classificação de MEYER (1996), o que se deixa para avaliar nos segundo e terceiro ciclos. Contudo, não se pode ignorar o aumento súbito de 19 b.min^{-1} , em função do manuseio da bomba de inserção de graxa (mais adiante serão apresentados os determinantes dos esforços físicos na atividade).

A seta 2 no gráfico de frequência cardíaca representa uma tendência de aumento mais agressiva (aumento de 41 b.min^{-1}) do que no momento representado pela seta 1 sugerindo, a princípio, que o amaciamento de válvulas impõe maiores exigências ao trabalhador. O esforço requerido pela tarefa faz com que o trabalhador atinja rapidamente um dos três picos de frequência cardíaca (177 b.min^{-1} às 16h09m10s) apresentados durante a atividade.

A seta 3 representa a manutenção da frequência em um patamar elevado na etapa de amaciamento e nas duas etapas seguintes (o segundo ciclo de inserção de graxa selante e o segundo ciclo de amaciamento) O esforço físico nesses períodos atinge o nível ‘intenso’. Esta seqüência tem duração de aproximadamente 25 minutos, cinco vezes maior do que a permitida pelo *código de Minnesota*, cuja frequência limite é de 160 b.min^{-1} . Nas três fases, o mantenedor apresenta médias de frequência cardíaca de 168, 175 e 170 b.min^{-1} , respectivamente. Este é o período da atividade mais crítico do ponto de vista dos esforços físicos. A classificação ‘intenso’ é a mais alta na tabela proposta por MEYER (1996), correspondendo a um custo cardíaco relativo (CCR)

maior ou igual a 50%. Neste período, o mantenedor apresenta CCR maior do que o dobro do limite adequado (que é de 40%, conforme mencionado na seção 3.4). O mantenedor apresentou CCR de 87% no segundo ciclo de inserção de graxa selante e 82% no segundo ciclo de amaciamento.

A Tabela 2 apresenta as frequências médias obtidas e a classificação da intensidade do esforço de acordo com a metodologia proposta por MEYER (1996) em todas as etapas da atividade de manutenção.

Tabela 2 – intensidade do esforço físico em cada fase da atividade de manutenção preventiva de acordo com a classificação de MEYER (1996)

Fase	Duração (mm:ss)	FC média (b.min ⁻¹)	CCA	CCR	Intensidade	Limite MC (160 b.min ⁻¹)	Mínima (b.min ⁻¹)	Máxima (b.min ⁻¹)
Preparação	2:17	113	25	25,00%	Pouco alta	Adequado	88	124
Inserção graxa sel. (1)	0:36	132	44	44,00%	Muito alta	Adequado	123	142
Amaciamento (1)	9:01	168	80	80,00%	Intensa	n.a.	137	178
Inserção graxa sel. (2)	2:46	175	87	87,00%	Intensa	Inadequado	171	180
Amaciamento (2)	19:10	170	82	82,00%	Intensa	n.a.	157	179
Descanso	7:29	128	40	40,00%	Muito alta	n.a.	109	160
Lubrificação dos estojos	2:25	122	34	34,00%	Alta	Adequado	111	130
Inserção graxa sel. (3)	1:36	135	47	47,00%	Muito alta	Adequado	118	144
Amaciamento (3)	3:25	156	68	68,00%	Intensa	Adequado	137	167

Os resultados apresentados na tabela demonstram que a situação de trabalho analisada exige do trabalhador esforço físico em excesso. A única fase em que a intensidade do esforço se mantém em nível adequado é a de preparação (com CCR abaixo de 40%).

É importante ressaltar que, de forma análoga à situação representada pela seta 1 (Figura 39), a intensidade de esforço no período de descanso se manteve no patamar ‘muito alto’ em parte em função da elevada intensidade do período anterior (‘intensa’). O outro fator que contribuiu para a intensidade no período é o deslocamento para o ponto de lanche nas acomodações.

Nota-se também que, após a fase de repouso, o mantenedor realizou a lubrificação dos estojos com o pincel, tarefa que não requer esforço físico e, portanto, prolonga – consciente ou inconscientemente – o estado de menor desgaste.

Determinantes dos esforços físicos observados no vídeo e em campo

Nos parágrafos anteriores, foram caracterizadas situações de esforço físico no decorrer da atividade. A intensidade do mesmo é resultante da natureza das ações do mantenedor e das condições de execução das tarefas, ou seja, dois fatores determinantes dos esforços físicos.

Buscou-se então identificá-los com base nas observações e com o auxílio do CAPTIV®. A codificação das etapas da atividade no *software* orientou e facilitou, no vídeo, o acesso aos momentos identificados a partir do gráfico de frequência cardíaca. Posteriormente, estes determinantes foram discutidos com um dos mantenedores para validação da análise. A avaliação da intensidade do esforço físico revelou que as duas etapas mais críticas da atividade são o amaciamento de válvulas e a inserção de graxa selante.

Na fase de amaciamento de válvulas (Figura 40), a observação revelou os seguintes determinantes de esforço físico:

- A rigidez de manuseio das válvulas: que é elevada e o propósito é justamente amaciá-las através do manuseio de seus volantes; e
- As alturas dos volantes das válvulas: semelhante ao que ocorre para o operador P3 no lançamento de PIG, a altura elevada dos volantes de “entrada” e “saída” das estações força o mantenedor a sustentar os braços acima da linha dos ombros por períodos relativamente longos, o que contribui para o aumento da frequência cardíaca;



Figura 40 - amaciamento das válvulas na atividade filmada

Para a inserção de graxa selante observaram-se os seguintes determinantes de esforço físico (Figura 41):

- O posicionamento de três dos cinco pinos “graxeiros” superiores no receptor (P1, P3 e P4 de acordo com esquema da Figura 12), que força o mantenedor a sustentar a bomba acima dos ombros;
- O peso da bomba de inserção de graxa selante, que é de aproximadamente 10 kgf;
- A resistência do bombeio, em função da alta pressão da bomba e requer esforço do mantenedor para bombeá-la;
- A sustentação da bomba de inserção de graxa selante; e
- A necessidade de sustentação da bomba em simultâneo com o bombeamento.



Figura 41 – utilização da bomba de inserção de graxa selante na manutenção filmada

Exposição a risco de distúrbios musculoesqueléticos

Além das situações que determinaram esforço físico intenso nas atividades, foram identificadas também situações que contribuem para o surgimento de distúrbios musculoesqueléticos.

A primeira situação identificada foi o amaciamento das válvulas do dreno (Figura 42), cujos volantes se posicionam a 35 cm de altura, o que força o mantenedor a flexionar e torcer o tronco para realizar a ação. Tais posturas combinadas com o alto torque isométrico requerido para o manuseio da válvula expõem o mantenedor a risco de lombalgias.



Figura 42 - amaciamento na válvula do dreno

Em segundo, foram identificadas situações em que o mantenedor mantém os braços levantados por longos períodos. Conforme já mencionado, manter os braços levantados expõe as articulações dos ombros ao desgaste (além de contribuir para o aumento do esforço físico, em função do aumento da frequência cardíaca, conforme já apresentado).

Assim como para a atividade de operação, codificou-se com o CAPTIV® a posição dos braços nos estados ‘levantado’ ou ‘abaixado’ (Figura 43). Verificou-se que em 55,34% do tempo total de atividade, o mantenedor ficou com os braços levantados. Entretanto, 23,21% do tempo não correspondem a um tempo efetivo de execução de tarefas, sendo ocupado pelas fases de preparação e descanso. Ao recalcular o percentual com base no “tempo efetivo” (soma dos tempos das três fases da atividade), as tarefas de amaciamento de válvulas, inserção de graxa selante e lubrificação dos estojos

impuseram que o mantenedor ficasse com os braços levantados por 72,04% do tempo. Este percentual corresponde a aproximadamente 27 minutos e meio.

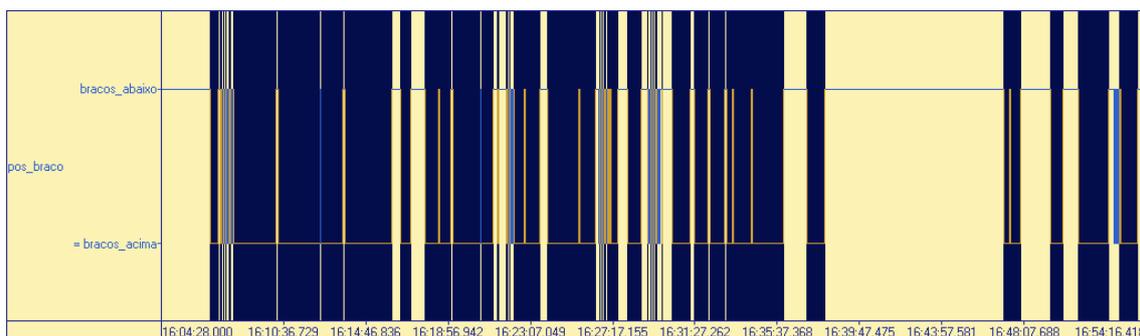


Figura 43 – posição dos braços na atividade: levantados destacado em azul

Nas fases de inserção de graxa selante e lubrificação dos estojos, a sustentação dos braços é estática. Na primeira, o mantenedor levanta os braços para sustentar a bomba de inserção de graxa próxima aos pinos “graxeiros” elevados (pinos P1, P3 e P4 de acordo com a Figura 12). O peso da bomba agrava a compressão articular dos ombros em função de sua sustentação em posição elevada. Na segunda, o mantenedor alterna o levantamento de um dos braços para pincelar porcas, parafusos e estojos elevados (Figura 44), o que, por ser de curta duração, não impõe tanta compressão às articulações dos ombros quanto nas outras duas fases da atividade.



Figura 44 – lubrificação e limpeza dos estojos

Na fase de amaciamento das válvulas (Figura 41), os movimentos repetitivos combinados com a rigidez de manuseio das válvulas e a altura elevada dos volantes são agentes que expõem de forma crítica tanto as articulações dos punhos quanto as dos ombros, além de contribuir para o desgaste físico, conforme já apresentado.

Por fim, o posicionamento do pino “graxeiro” na válvula de dreno próximo ao chão força o mantenedor a sustentar a bomba entre as pernas (Figura 45). Tal situação impõe a flexão inadequada da lombar e, portanto, contribui para o surgimento de lombalgias.



Figura 45 – inserção de graxa selante na válvula do dreno.

Problemas de acesso

Conforme já mencionado, na atividade registrada em diário de campo, o mantenedor priorizou a lubrificação dos estojos dos lançadores e recebedores de PIG, o que evidenciou problemas de acesso não observados na atividade registrada no CAPTIV®, na qual prevaleceu a tarefa de amaciamento de válvulas.

O arranjo das estações, conforme apresentado no anexo II, não considera a região de acesso aos flanges nos quais se limpam, retiram camadas de ferro oxidado e se lubrificam os estojos. A disposição dos dispositivos definidas em projeto priorizaram as atividades de operação, propiciando espaço entre lançadores e recebedores de um mesmo poço produtor, mas aproximando muito lançadores e recebedores de poços diferentes, conforme se observa na Figura 46.

Em função desta falta de espaço entre estações, as obstruções no entorno dos dispositivos faz com que o mantenedor se retorça na região de acesso aos estojos.



Figura 46 – região de acesso obstruída para a lubrificação dos flanges e estojos

Síntese dos principais problemas evidenciados pela análise das exigências físicas

Diante dos resultados de análise apresentado nesta seção, os principais problemas relacionados às exigências físicas das atividades de manutenção preventiva nos lançadores e recebedores de PIG são:

- O alto esforço físico requerido pela tarefa de amaciamento em função do alto torque isométrico, da altura dos volantes e da grande quantidade de válvulas;
- O alto esforço físico requerido pela tarefa de inserção de graxa selante, em função das alturas dos pinos “graxeiros”, o peso e a rigidez do manuseio da bomba de inserção de graxa e a necessidade de sustentá-la;
- Exposição do mantenedor a risco de lombalgia:
 1. Na tarefa de amaciamento da válvula do dreno em função do posicionamento e rigidez de manuseio do volante; e
 2. Na tarefa de inserção de graxa selante na válvula do dreno em função da necessidade de bombear flexionando a lombar;
- Exposição do mantenedor a risco de desgaste das articulações dos ombros e dos punhos:
 1. Na tarefa de inserção de graxa selante em função da sustentação da bomba; e
 2. Na tarefa de amaciamento de válvulas em função do alto torque isométrico das válvulas e da altura elevada de seus volantes;
- As tarefas de inserção de graxa selante, amaciamento de válvulas e lubrificação dos estojos impuseram ao mantenedor que ficasse com os braços levantados por mais de 70% do tempo despendido com as mesmas. Em geral, esta imposição

contribui para o aumento do esforço físico e para o desgaste das articulações dos ombros, conforme mencionado no item anterior; e

- Problemas de acesso aos estojos para sua lubrificação entre estações de poços distintos.

4.5.5 Necessidade de atenção e o cuidado para não “perturbar” o processo

Além das exigências físicas impostas aos mantenedores, a análise revelou também cuidados dos mesmos em relação ao sistema com o propósito de não alterar o estado do processo. Tais cuidados impõem necessidade extra de atenção às tarefas dos mantenedores.

A primeira situação está relacionada ao cuidado com o disparo do sensor de gás ao despressurizar o manômetro, que pode causar *shut-down*. Conforme já mencionado, um *shut-down* é uma situação que não causa só prejuízo do ponto de vista financeiro, mas que gera muito desgaste físico e mental para o efetivo, principalmente para a equipe de produção. A preocupação com o *shut-down* já foi observada na análise da atividade do operador P3 durante a passagem de PIG. Naquela situação, o mesmo pedia que o operador na sala de controle desligasse o alarme, permitindo assim que temporariamente o gás liberado no ambiente não provocasse *shut-down*. No entanto, não se observa esta comunicação entre as equipes de produção e manutenção. Desta forma, o mantenedor busca evitar o alarme do sensor durante a despressurização de um dos manômetros em cada estação, que libera quantidade significativa de gás no ambiente (dependendo da pressão). Na situação observada presencialmente, ele girava o pequeno volante da válvula do manômetro com uma chave (pois seu manuseio se apresentava rígido) liberando gás no ambiente, o que se percebia auditivamente. O mantenedor regulava então o tempo de liberação com base no ruído do gás.

Outra situação que requer atenção do mantenedor é a tarefa de amaciamento de válvulas. O limite dado às voltas do volante de válvulas evita a abertura ou fechamento indesejável das mesmas. Um dos mantenedores declarou que, em algumas ocasiões, chega a observar o manômetro para se certificar de que o valor da pressão se mantém. Observou-se que este cuidado é maior nos lançadores, pois, neste caso, o fluido é gás e qualquer pequena abertura de uma válvula pode provocar um alinhamento incidental.

Observou-se também restrição dada pela equipe de produção ao amaciamento de algumas válvulas nos lançadores, lacrando-as, o que denota preocupação do efetivo com possíveis incidentes.

5 Discussão e conclusão

Esta dissertação abordou o trabalho de operação e manutenção em um sistema de uma plataforma *offshore* em operação. Para análise do trabalho, empregaram-se métodos tradicionalmente preconizados pela abordagem da análise ergonômica do trabalho (GUÉRIN *et al.*, 2001): entrevistas abertas, observações da atividade anotadas em diário de campo, registros fotográficos, registro da atividade em vídeo, análise de documentos, entrevistas em auto-confrontação e entrevistas para validação dos dados.

A partir da demanda inicial explicitada pelos trabalhadores, investigou-se a condição penosa das situações de trabalho. A investigação de tais situações (que foram avaliadas com o auxílio da ferramenta CAPTIV®), no trabalho de operação, evidenciou dois tipos de problemas comuns na IPC: 1 - A atuação manual em válvulas, que constituía grande parte das situações: altura e orientação do volante inadequadas, rigidez do manuseio, obstrução dos acessos aos volantes, dificuldade de aproximação, etc; 2 - O excesso de deslocamento por escadas, elemento que contribui para o desgaste físico e ocorrência de distúrbios musculoesqueléticos nos membros inferiores. Problemas específicos observados no sistema de lançamento e recebimento de PIG na situação estudada foram a dificuldade da inserção da cesta de recebimento e os problemas para fechamento e travamento da portinhola nas estações, principalmente nas lançadoras.

Conforme apresentado nos capítulos 1 e 2, outros problemas que ameaçam a saúde dos trabalhadores na indústria de petróleo além dos deslocamentos e dos que envolvem a atuação em válvulas são: a exposição a altas temperaturas, altos níveis de ruído, a exposição a produtos químicos, entre outros. Tais situações não foram observadas no sistema estudado.

A utilização do CAPTIV® auxiliou na identificação de situações de desgaste físico e de exposição a fatores de risco de distúrbios musculoesqueléticos. Grande parte dessas situações não seria identificada a partir de registros usualmente empregados na análise da atividade em uma análise ergonômica do trabalho (vídeo ou diário de campo com registros fotográficos). Além de evidenciar as situações, a ferramenta permitiu avaliá-las quantitativamente. Por serem colhidos em uma situação real, os dados

permitiram identificar diretamente os determinantes reais nos momentos críticos da atividade.

A análise evidenciou aspectos do trabalho relevantes para a transformação da situação estudada ou para o projeto de novas situações. Alguns destes, fenômenos já caracterizados na literatura sobre o trabalho na IPC (DANIELLOU, 1986; FERREIRA e IGUTI, 2003) ou, mais especificamente, na indústria de petróleo. Destacam-se os seguintes elementos:

- A periculosidade, principalmente nas proximidades das portinholas dos lançadores de PIG;
- A complexidade do sistema de lançamento e recebimento de PIG e das tarefas de operação: para operação “na área”, o alinhamento do óleo *diesel* e alinhamento em simultâneo dos lançadores e recebedores, por exemplo. Para a operação na sala de controle, o acompanhamento de gráficos para precisar a chegada do PIG e o alinhamento das válvulas no poço;
- A construção coletiva da representação do estado do processo na comunicação via rádio entre o operador na planta e o operador na sala de controle;
- A presença do modo degradado de funcionamento:
 1. Na elaboração de soluções tais como desviar a injeção de gás *lift* de um poço por um lançador em função de obstruções na tubulação de gás para manter a produção ou despressurizar a câmara pelo dreno diante da obstrução da linha da PSV. Estes dois exemplos são fenômenos típicos de catacrese (FAVERGE, 1972);
 2. Na degradação das válvulas de bloqueio de “entrada” e “saída” dos lançadores (válvulas de estanqueidade total) impondo que o operador freqüentemente realize a despressurização dos mesmos durante suas rondas pela planta de processo, ou seja, faz a despressurização sem ser no momento da operação de passagem de PIG;
 3. Na degradação da portinhola das estações e na deterioração de volantes de válvulas em função da exposição ao ambiente marítimo, o que conduz os operadores à elaboração de ferramentas específicas para solucionar os problemas que se apresentam diante do

envelhecimento das instalações. Essa questão será reapresentada em maiores detalhes mais adiante.

Além desses elementos, a análise revelou também a elaboração de estratégias individuais e coletivas e os constrangimentos introduzidos pelas exigências de produção. As estratégias dos operadores para reduzir a carga de trabalho em determinadas situações demonstram a capacidade individual e coletiva dos mesmos de se ajustarem às exigências que os são impostas. Duas estratégias observadas foram a verificação da despressurização com base na escuta do ruído de gás ao realizar o *by-pass* da PSV (reduzindo a quantidade de deslocamentos por escadas) e o cuidado com o posicionamento do PIG durante a inserção para que obtenha sucesso na partida.

As exigências da produção contínua se revelam na organização do trabalho através do controle em planilhas como, por exemplo, o boletim diário de produção. Neste boletim, atualizam-se (diariamente) informações que comparam a produção efetiva à capacidade dita nominal de cada poço além do percentual que compara, em termos de eficiência, a perda provocada por um lançamento de PIG.

Na atividade de trabalho da operação, as exigências produtivas se apresentam sob a forma de pressão temporal. Esse constrangimento se observa em alguns momentos, a saber:

- Na utilização de gráficos de tendência de pressão e vazão para estimar a chegada do PIG por parte dos operadores na sala de controle, diante da falta de precisão dos instrumentos indicadores da partida e da chegada da espuma;
- Nas situações em que válvulas não funcionam corretamente (não realizando o bloqueio do fluido da forma esperada) ou a deterioração do volante de uma válvula que impede o operador de utilizá-la. Contudo, ele acaba elaborando solução alternativa para realizar a manobra naquele momento: um alinhamento alternativo, a despressurização pelo *slop* ao invés de realizar o *by-pass* da PSV (o que, já dito, se constitui como fenômeno de catacrese e fica patente que a exigência produtiva tem sua contribuição para o delineamento do modo degradado de funcionamento), entre outras; e
- Na pressão de tempo imposta ao operador “de área” para retirar o PIG assim que o mesmo chega ao recebedor.

Conforme se observou no capítulo 4, há relação estreita entre a deterioração dos dispositivos e a periculosidade, o que se pôde notar nas válvulas de bloqueio de “entrada” e “saída” dos lançadores. Essas válvulas, quando bloqueadas, deveriam garantir estanqueidade, porém não é o que ocorre. Com a degradação, a capacidade de bloqueio das válvulas foi aos poucos se perdendo, permitindo a pressurização das câmaras lançadoras com gás *lift* a altas pressões (os lançadores com problemas apresentavam pressão de 60 a 160 kgf/cm²), principalmente nas estações mais utilizadas. Tal condição oferece riscos aos trabalhadores que circulam próximos ou trabalham no módulo de PIGs e *manifolds* e se agrava nas estações em que há vazamento na portinhola em função da degradação da mesma. O vazamento libera gás no ambiente, aumentando a periculosidade.

Conforme listado anteriormente, a confecção de ferramentas de auxílio é uma demonstração do modo degradado de funcionamento. É uma alternativa diante dos problemas que vão se apresentando ao coletivo conforme surgem disfunções relacionadas ao desgaste dos dispositivos. Na situação estudada, foram observadas chaves de roda adaptadas para o manuseio das válvulas de *by-pass* da PSV, que é extremamente rígido e, em alguns casos, só com a utilização destas chaves era possível abrir a válvula. Outra ferramenta observada foi a utilizada como auxílio para fechamento da portinhola diante de sua degradação – o empeno mais especificamente – que dificulta o trancamento. A trava é justamente um recurso de segurança que impede a abertura ou até o rompimento da portinhola em função das altas pressões (principalmente nos lançadores, conforme já mencionado).

Essa condição mostra que embora tenha se pensado na segurança nos projetos de lançadores e receptores de PIG e tenha se incorporado as travas aos novos projetos, a tecnologia não foi concebida de forma a prever que, não obstante garantir a segurança, novas dificuldades poderiam se apresentar à operação e aos operadores. Neste caso, elas se cristalizaram na dificuldade de fechamento da portinhola.

As condições físicas de trabalho de manutenção na situação estudada se apresentaram mais penosas do que as de operação, ratificando o que se apresenta no estudo epidemiológico de MORKEN *et al.* (2007) ou na pesquisa de FIGUEIREDO *et*

al. (2007) sobre o fenômeno de subcontratação e terceirização, ambos no setor *offshore*. Cabe sublinhar que isso não é suficiente para dar respaldo à afirmação de que as condições (gerais) de trabalho de manutenção sejam piores ou melhores do que as das outras equipes (em geral empregados pela própria companhia operadora). Conforme observado na situação estudada, o “trabalho pesado” acaba recaindo sobre os contratados, delineando uma “hierarquização informal”. Essa divisão se observou não somente entre equipes (como, por exemplo, entre a equipe de produção e manutenção), mas também dentro da equipe de manutenção (entre os empregados da empresa e os contratados, muitas vezes denominados “encarregados”).

Ainda em relação à manutenção, cabe a ressalva de que, embora houvesse a expectativa de que se observassem somente exigências físicas, especificamente no trabalho de manutenção estudado, foi possível identificar exigências cognitivas. As situações observadas demonstraram os cuidados dos mantenedores para que não provocassem incidentes que pudessem gerar perdas de produção e, portanto, prejuízos.

Esta dissertação abordou a penosidade, a periculosidade, o modo degradado de funcionamento e a relação desses elementos com as exigências produtivas. Não poderia se deixar de sublinhar aqui que o trabalho em plataforma, além de todas as questões de segurança (periculosidade) e de condições físicas de trabalho envolvidas (penosidade), tem outros aspectos que não foram analisados não porque inexistiam na situação estudada, mas porque não faziam parte do escopo da análise. Um destes aspectos é a dimensão psicossocial, da qual se destaca o isolamento social, o convívio forçado e as imposições da organização do trabalho (não só da plataforma, mas também da equipe de suporte em terra e da direção da empresa). Essas questões não podem ser negligenciadas, pois tais fatores têm influência significativa sobre a produção de incidentes e acidentes, conforme mostram FREITAS *et al.* (2001), além de contribuir para problemas de saúde dos trabalhadores. Diante do caráter contínuo do trabalho (trabalho em turnos) (FERREIRA e IGUTI, 2003; DANIELLOU, 1986) e da exposição dos trabalhadores ao ambiente marítimo, os aspectos fisiológicos também devem ser considerados.

Em síntese: problemas em plataforma e a dinâmica da realidade observada

Diante do exposto, pode-se estabelecer a seguinte dinâmica: com o passar do tempo, o envelhecimento em uma unidade produtiva resulta naturalmente em disfunções dos dispositivos devido à deterioração. Em uma plataforma, a degradação se intensifica com a exposição ao ambiente marítimo. Na situação estudada, observaram-se os seguintes problemas introduzidos pela degradação: empeno e vazamento de gás na portinhola, válvulas de bloqueio das câmaras permitindo passagem de gás e volantes das válvulas de *by-pass* da PSV se soltando, além da rigidez de manuseio das mesmas. Somam-se a esses problemas a obstrução da linha de *by-pass* da PSV (cuja causa não foi possível determinar nesta pesquisa) e outros problemas já introduzidos no projeto e montagem das instalações: altura elevada dos volantes e deslocamentos por escadas. Esses problemas contribuem para a falta de segurança, para a penosidade do trabalho e para a ineficiência produtiva.

Seria esperado que esses problemas fossem resolvidos através de manutenção, porém, conforme apresentado por PAGENHART e Buset (1998), obstáculos se impõem aos reparos em plataformas. Na situação estudada, observam-se dois principais tipos de restrições: o primeiro é a exigência de produção, que impõe pressão para que não se faça parada programada para manutenção, ainda mais nos *manifolds* de produção, pontos críticos do processo produtivo. O segundo está envolvido aos custos dos dispositivos (válvulas) e do transporte dos mesmos em alto mar. Reforça-se assim o que se apresenta na literatura sobre a importância de intervir em projetos de plataforma (WULLF et al. 1999; THRONSEN e HØIVIK, 2005; KJÉLLEN, 1996; DUARTE et al., 2007) visando à melhoria das condições de trabalho e da confiabilidade operacional.

Desta forma, diante dos problemas apresentados pelo sistema – sejam eles de projeto/montagem ou introduzidos pela degradação – a análise da situação estudada evidenciou que o coletivo elabora soluções em três esferas:

1. Nas ferramentas utilizadas: a confecção de ferramentas que não só amenizam as exigências físicas, mas que, em alguns momentos, possibilitam a operação ser realizada (por exemplo, a chave de roda para *by-pass* da PSV e a ferramenta para fechamento da portinhola);
2. Nas estratégias coletivas e individuais: estratégias diversas com o objetivo de: reduzir a carga de trabalho; aumentar a eficiência produtiva; e reduzir

riscos. São exemplos de estratégias: inferir a passagem de gás para evitar deslocamento da área das PSVs para as estações, posicionar o PIG com o bastão para garantir o sucesso da partida, fazer despressurizações freqüentes das câmaras durante as rondas na área como forma de reduzir os riscos;

3. Nas soluções elaboradas durante uma operação específica: por exemplo, no caso do lançamento de PIG, a já mencionada despressurização para o tanque *slop* ao invés de utilizar a linha da PSV, diante de sua obstrução. Essa foi uma solução elaborada no curso da atividade dada a exigência de se realizar a operação naquele momento.

5.1 Recomendações

Diante do exposto no presente capítulo e no capítulo 4, foram elaboradas recomendações para o sistema de lançamento e recebimento de PIG. São dois grupos de recomendações: no primeiro estão as que visam à transformação da situação estudada e no segundo recomendações para futuros projetos.

5.1.1 Recomendações para transformação da situação estudada

- Reposicionar tubulações e volantes de válvulas em frente ao receptor de PIG do poço BR-06 (o que apresenta maior freqüência de passagens de PIG na plataforma), em função da obstrução imposta por esses dispositivos à inserção da cesta de recebimento, conforme se observa na Figura 47;



Figura 47 - obstruções na região à frente do receptor do poço BR-06

- Recomenda-se a utilização de dispositivo que auxilie a partida do PIG com o objetivo de evitar sua permanência no interior da câmara após o alinhamento do lançador (quando isso ocorre, o operador precisa repetir todo o processo de realinhamento, depressurização e abertura). Apresenta-se como sugestão o dispositivo utilizado por operadores em outra plataforma (Figura 48). Atualmente, os operadores fazem o posicionamento do PIG cuidadosamente com um bastão (e lanterna para visualizar o interior da câmara), conforme apresentado na Figura 49;



Figura 48 - Dispositivo utilizado por operadores em outra plataforma



Figura 49 - Operador posicionando PIG para lançamento

- Substituir volantes das válvulas de equalização dos lançadores de PIG por volantes com diâmetro de no mínimo 15 cm³⁶, permitindo a atuação do operador com as duas mãos;



Figura 50 - Manuseio de válvula de equalização no lançador de PIG

³⁶ Dimensão recomendada pelo documento da ABS “The Application of Ergonomics to Marine Systems” (2003).

- Providenciar bomba de inserção de graxa selante com peso máximo de 4 kgf (a bomba utilizada atualmente³⁷, apresentada na Figura 51, possui, aproximadamente, massa de 10 kg);



Figura 51 - Inserção de graxa selante com a bomba de alta pressão

5.1.2 Recomendações para projeto

- A área em frente à portinhola das câmaras deve ficar o mais livre possível de dispositivos como tubulações ou volantes de válvulas. Prever espaço mínimo de 2,00 m livre de obstruções, diante da necessidade de utilização de instrumentos que demandem espaço, tais como bastões e cestas para recebimento (Figura 52);



Figura 52 – utilização de bastão para colocação do PIG e inserção de cesta de recebimento

- A cesta de recebimento não deve fornecer resistência às suas inserção e retirada, sendo sua estrutura regular, bem ajustada às dimensões da câmara e material resistente, de forma a aumentar a durabilidade;
- O piso na região de acesso aos volantes deve ser regular e a mesma deve ter pelo menos 1,00 m de espaço livre entre lançadores e recebedores, como ilustrado na Figura 53 (distanciamento conforme a N-505, tabela A-1);

³⁷ Informação coletada em julho de 2008.



Figura 53 – Região de acesso aos volantes de válvulas entre lançadores e recebedores

- A definição das alturas, o acesso e o torque requerido pelos volantes das **válvulas de alinhamento** dos lançadores e recebedores e das suas **válvulas de dreno** devem atender às seguintes especificações:
 - Os volantes devem ser acessíveis permanentemente no próprio piso do convés principal ou em superfície elevada. Caso essas duas alternativas não sejam viáveis, é aceitável o acesso permanente através de escada;
 - O acesso aos volantes deve estar livre de obstruções, facilitando o agarre e a aproximação, bem como sua região de acesso, propiciando liberdade postural ao operador;
 - Diante das posições e posturas que o operador pode assumir para manusear a válvula, o piso na região de acesso aos volantes deve ser regular, garantindo sua firmeza;
 - A altura máxima dos volantes deve ser de 1,59 m e a mínima de 0,51 m;
 - Caso os torques de atuação completa e isométrica das válvulas de alinhamento sejam maiores do que 15 Nm, recomenda-se a utilização de caixas de redução, com a ressalva de que, nesse caso, os volantes devam ficar entre 0,90 m e 1,20 m, em função da atuação prolongada;

- Os acionamentos das válvulas de *by-pass* das PSVs devem estar no mesmo nível e próximo às câmaras de lançamento e recebimento de PIG, eliminando os deslocamentos do operador por escadas e reduzindo o tempo da operação;
- É importante que o manômetro da câmara esteja disposto de forma visível para o operador no momento em que manuseia a válvula de *by-pass* da PSV, de forma a evitar deslocamentos desnecessários entre as estações e a área das PSVs;
- Prover aparato que facilite a colocação do PIG na câmara de lançamento, como, por exemplo, uma bandeja que direcione a espuma (semelhante aos utilizados em lançadores de PIG instrumentados), evitando despressurizações e aberturas sucessivas para inspeção visual. Sua extensão deve cobrir os pontos de entrada de gás e atingir o ponto de redução da câmara (Figura 54);



Figura 54 - aparato utilizado para o lançamento de PIG na P-50

- Optar por instrumento de indicação de lançamento de PIG mais preciso possível, em função dos equipamentos disponíveis no mercado e viabilidade tecnológica. A precisão deste indicador traria mais eficiência para a operação, evitando uma nova abertura da câmara para inspeção visual e, conseqüentemente, reduziria o tempo com a produção reduzida;
- O indicador de recebimento de PIG deve ser o mais preciso possível, de acordo com os equipamentos disponíveis no mercado e com a sua viabilidade tecnológica³⁸;
- De forma complementar ao indicador de recebimento, independente de sua precisão, o operador na sala de controle deve ter meio de acompanhar as pressões em pontos chaves das linhas ligadas aos poços produtores para precisar melhor a chegada do PIG;

³⁸ A dificuldade de se precisar a chegada do PIG possui impacto maior sobre produção ao exigir parada para inspeção visual. Observa-se que os sensores (XLIT) não possuem a capacidade de diferenciar uma massa densa de parafina da espuma de limpeza, provocando situações de “alarme falso”.

- O acesso aos pinos “graxeiros” das estações deve estar o mais livre possível de obstruções possibilitando que o mantenedor realize o encaixe do bico da bomba com facilidade. Recomenda-se que a altura máxima dos pinos seja de 1,50 m;
- A bomba de inserção de graxa selante deve ter peso máximo de 4,0 kgf;
- O acesso aos flanges e estojos das estações deve estar o mais livre possível de obstruções com seus entornos desimpedidos, permitindo que o mantenedor possa realizar a limpeza e a lubrificação completa destes dispositivos (por toda superfície e em todos os estojos). Recomenda-se que a altura máxima desses dispositivos não ultrapasse 1,50 m;
- Para o entorno dos volantes de válvulas das estações deve ser previsto espaço para o amaciamento das válvulas (área de pelo menos 0,50 m²), favorecendo a liberdade postural. Desta forma, o mantenedor poderá assumir posturas em que exerça maior torque com menor esforço físico e também alternar posições de descanso com posições de baixo, médio e intenso esforço;
- É importante que seja instalado dispositivo de segurança que impeça a abertura da câmara caso ainda haja pressão no seu interior. O tampão deve ter um suspiro exclusivo;
- A seleção e dimensionamento das válvulas que devem garantir a estanqueidade das câmaras merecem atenção especial, de forma a garantir segurança na área até o fim do funcionamento da unidade de produção e evitar paradas de produção para o reparo ou substituição das mesmas;
- A confecção dos TAGs (códigos identificadores de equipamentos) deve considerar os efeitos degradantes de um ambiente offshore, ainda mais em ambientes abertos, tal como a planta de processo de uma plataforma. TAGs duráveis manterão a integridade da identificação dos equipamentos, evitando erros e estresse para os operadores durante as manobras.

5.2 Limites desta dissertação

De acordo com GUÉRIN *et al.* (2001), toda análise do trabalho se limita àquilo que se pôde ser apreendido dentro de um período (ou períodos) limitado(s) de contato com as situações confrontadas por quem a pratica. A análise se constrói a partir do que

as atividades, acontecimentos, documentos levantados e as verbalizações dos trabalhadores apresentam a quem a efetua. Pode-se afirmar que um dos parâmetros que indica se foi possível construir uma boa análise é se a confrontação do praticante com a situação de trabalho foi suficiente para permitir a apreensão da variabilidade (ou pelo menos boa parte dela). Diante da identificação dessa característica na situação analisada (ou dos vários fenômenos identificados, já que podem existir diversas fontes de variabilidade), o ideal é que se planifique e sistematize as observações das atividades, além de selecionar melhores períodos para acompanhamentos.

A pesquisa de campo apresentada nesta dissertação teve como principal limite a caracterização da variabilidade no sistema estudado, pois o tempo de contato com a situação de trabalho era fortemente restringido e interrompido por sucessivos adiamentos de embarque ou períodos restritos de visitação. Houve alguns cancelamentos e o planejamento das observa es praticamente inexistiu, pois os acompanhamentos eram feitos na base do “quando possível”, já que havia imprecisão do momento tanto do lançamento quanto do recebimento de PIG. Entretanto, foi possível compensar a falta desse planejamento a partir dos vídeos das atividades, que com o CAPTIV®, foram registrados junto a dados fisiológicos. Conforme apresentado no capítulo 3, os vídeos permitiram restituir os dados de análise. Desta forma, realizaram-se as análises das exigências físicas a partir dos vídeos, porém as mesmas foram complementadas com acompanhamentos de atividade posteriores e entrevistas em auto-confronta o, além de entrevistas para valida o.

5.3 Desdobramentos da pesquisa

A análise da exposi o dos trabalhadores aos fatores de risco de distúrbios musculoesqueléticos se realizou com base nas posturas adotadas pelos trabalhadores a partir do *software* CAPTIV®. Tal abordagem teve como ponto positivo as medidas dos ângulos de desvio do punho, que permitiram avaliar a exposi o a que as articula es dos operadores está submetida. Outro parâmetro explorado com o *software* foi a posi o dos braços (levantados ou abaixados) como um indicativo auxiliar de esforço físico e para quantificar a exposi o a que as articula es dos ombros se submetem. No entanto, outros membros do corpo e outros fatores de risco não foram avaliados.

Com o objetivo de avaliar os potenciais efeitos prejudiciais à coluna dos operadores, um observável que poderia ser agregado à análise é a torção do tronco, principalmente nos momentos em que haja atuação manual em válvulas com altos torques isométrico e de atuação contínua. Neste caso, uma pesquisa na área da biomecânica ocupacional deve ser feita para avaliação precisa dos distúrbios e fatores de risco associados. Outro potencial dado que poderia ser agregado é a própria medida dos ângulos de desvio da região lombar (de forma análoga ao que foi feito para o punho). Conforme apresentado por CHAFFIN *et al.* (2001), há sensores que permitem realizar tal medida.

De forma mais ampla, um potencial de pesquisa que se apresenta é a aplicação do método OWAS (KARHU *et al.*, 1977) junto à análise com o CAPTIV®, pois a utilização desse segundo pressupõe o registro em vídeo da atividade. A aplicação desse método permitiria precisar as exposições com maiores detalhes e, assim, poderia se abordar a análise em torno das exigências físicas de forma mais abrangente.

Outro campo que se abriu a investigações no decorrer desta pesquisa está relacionado às válvulas de atuação manual. Grande parte das situações de penosidade identificadas na análise envolvia esse tipo de atuação. Observaram-se nessas situações elementos já evidenciados na literatura (AMELL e KUMAR, 2001; JACKSON *et al.*, 1992): problemas de acesso, orientação inadequada dos volantes, a rigidez de manuseio em função de fatores diversos (alta pressão da linha, tamanho da válvula e da linha, etc). Entretanto, percebe-se que falta estabelecer com maior precisão os determinantes da rigidez do manuseio, dos problemas de acesso e do posicionamento das válvulas e seus volantes.

No desenvolvimento desta pesquisa, a partir do contato com operadores e projetistas, notou-se que a qualidade (material) da válvula é um fator determinante para o torque que será exercido pelos operadores durante sua atuação. Em muitos projetos de plataforma, o fornecedor de válvulas escolhido não é necessariamente um que fornecerá o material de melhor qualidade. Soma-se a essa condição a degradação de válvulas estocadas no estaleiro diante de sua exposição inadequada até que as mesmas sejam instaladas. Tal ocorrência foi verbalizada por diferentes equipes de operação que já estiveram alocadas em construção de plataformas.

Outra questão que se abriu ao horizonte de pesquisa a partir desta dissertação foi a hipótese de que o projeto inadequado da válvula também contribuía para a falta de estanqueidade em válvulas de bloqueio ou da rigidez de manuseio. Cabe ressaltar que a qualidade do projeto de uma válvula requer a especificação precisa da seleção de seu tipo e seu dimensionamento (por exemplo, sua classe de pressão), além da consideração de outros fatores como a temperatura e a vazão esperada da linha. É necessário então estabelecer determinantes que contribuem para a especificação inadequada de válvulas em um projeto ou construção de tubulações de um sistema de plataforma.

Para os problemas de acesso, é necessário compreender no projeto o que levou o arranjo do ambiente a apresentar tantas obstruções nas regiões de acesso e porque em muitos casos as alturas dos volantes em relação ao uso não são consideradas.

Todas essas condições precisam ser mais bem definidas e suas causas subjacentes estabelecidas para que então se possa intervir com maior eficácia em prol das condições físicas de trabalho, já que a atuação manual em válvulas é a tarefa com maior representatividade em uma planta de processo.

Do ponto de vista técnico, percebe-se que os tipos de válvulas têm uma relação estreita com as características do manuseio. Seria importante estabelecer a relação entre os tipos das válvulas (gaveta, esfera, borboleta, etc) e os comportamentos esperados. Como exemplo, um documento técnico da empresa cita que:

“(…) uma válvula do tipo gaveta em alta pressão sempre apresenta manuseio rígido, portanto é usual a utilização de chaves no volante ou a instalação de um desvio na válvula para eliminar o alto diferencial de pressão na abertura ou fechamento da válvula.”

Esse tipo de informação, considerada desde as etapas iniciais do projeto, pode fornecer aos projetistas maneiras alternativas de se conceber evitando futuros problemas na fase de operação da plataforma.

Referências bibliográficas

- AMELL, T.K.; KUMAR, S., 2001, “Industrial Handwheel Actuation and the Human Operator: a Review”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 28 (Abr), pp. 291-302.
- ATTWOOD, D. A., DEEB, J. M., DANZ-REECE, M. E., 2004, *Ergonomic Solutions for the Process Industries*, Elsevier. 3 ed. 2004.
- BÉGUIN, P., 1997, “Le camescope, l’image et le mot. Quelques remarques sur l’usage de la vidéo pour l’analyse du travail”, *Champs Visuels*, n. 6 (Sep), (Filmer le Travail : Recher et Réalisation. 1^{ère} Partie : Images du travail : filmer, fixer, analyser), L’Harmattan, Paris.
- BJERKÅSHOLMEM, B.; PAGENHART, A.; 1997, “The Working Environment and Man-Machine Interface” (OTC 8417); Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 5-8 May.
- BOOTH, M., BUTLER, J., 1992, “A new approach to permit to work systems offshore”, *Safety Science*, v. 15, pp. 309-320
- CHAFFIN, D.B., ANDERSSON, G.B.J., MARTIN, B.J., 2001, *Biomecânica Ocupacional*, Ergo Editora, 1 ed. Belo Horizonte.
- CHIEN, W.S., 2005, “Chave para a Movimentação de Válvulas Industriais”, In: Petrobras. Boletim Técnico, v. 48 (1/2), jan-jun
- DANIELLOU, F., 1986, *L’opérateur, La vanne, L’écran : l’ergonomie des salles de contrôle*. 1 ed. ANACT.
- DE KEYSER, V., 1989, “L’erreur humaine”, *La Recherche*, n. 216, pp. 1444-1455.
- DUARTE, F. J. C. M., 1994, *A Análise Ergonômica do Trabalho e a Determinação de*

Efetivos: estudo da modernização tecnológica de uma refinaria de petróleo no Brasil. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

DUARTE, F. J., ANDRADE, R., MAIA, N. *et al.*, 2007, “Ergonomic intervention in petroleum platforms in Brazil: action strategies and the role of the ergonomist”. In: *39th Annual Conference of the Nordic Ergonomics Society (NES)*, Lingatan, Lysekil, Suécia.

DUARTE, F., LIMA, F., REMIRO, R. *et al.*, 2008, “Situations d’action caractéristiques et configuration d’usage pour la conception”. In: *43^{ème} congrès de la Société d’Ergonomie de Langue Française (SELF)*, Ajaccio, France, 17-19 septembre.

FAVERGE, J. M., 1972, “L’ analyse du travail, in Reuchlin, M. ; *Traité de Psychologie appliquée*, v. 3, RUF, Paris.

FERREIRA, L. L., IGUTI, A. M., 2003, *O Trabalho dos Petroleiros: Perigoso, Complexo, Contínuo e Coletivo*. 2 ed. FUNDACENTRO (São Paulo).

FIGUEIREDO, M., 2001, *O trabalho de mergulho profundo em instalações petrolíferas offshore na bacia de Campos: confiabilidade e segurança em meio à guerra de ‘Highlander’ contra Leviatã*. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

FREITAS, C. M., SOUZA, C. A. V., MACHADO, J. M. H. *et al.*, 2001, “Acidentes de trabalho em plataformas de petróleo na Bacia de Campos, Rio de Janeiro, Brasil”, *Caderno de Saúde Pública*, v. 17, n. 1 (Jan/Fev), pp. 117-130.

GAROTTI, L., 2006, *O trabalho em produção contínua: uma abordagem ergonômica da indústria do petróleo*, Dissertação de M.Sc., USP, São Paulo, SP, Brasil.

GARRIGOU, A., MOHAMMED-BRAHIM, B. PASQUEREAU, P. *et al.*, 2006, “Quels outils d’analyse pour des démarches pluridisciplinaires en santé au travail ?” , In: *41^{ème} congrès de la Société d’Ergonomie de Langue Française (SELF)*, France, 17-19 septembre

- GUÉRIN, F., LAVILLE, A., DANIELLOU, F. *et al.*, 2001, *Compreender o trabalho para transformá-lo. A prática da ergonomia*. 1 ed. Edgard Blücher, São Paulo.
- HØIVIK, D., THRONDSSEN, T.I., 2005, “Human Factors – Health and Safety as a Priority in Design: Experience from the Norwegian Petroleum Industry”, *SPE Asia Pacific Health, Safety and Environment Conference*, SPE 96453, Kuala Lumpur, Malaysia, 19-20 September.
- IIDA, I., 2005, *Ergonomia: projeto e produção*, 2 ed, Edgard Blücher, São Paulo.
- JACKSON, A. S., OSBURN, H.G., LAUGHERY, K. R., VAUBEL, K. P., 1992, “Validity of isometric strength tests for predicting the capacity to crack, open and close industrial valves.” *Proceedings of the Human Factors Society 36th Annual Meeting*, pp. 669-696.
- KARHU, O., KANSI, P., KUORINKA, I., 1997, “Correcting working postures in industry: A practical method for analysis”, *Applied Ergonomics*, v. 8, n. 4 (dez), pp.199-201.
- KJELLÉN, U., 1996, “Experiences in Use of the NORSOK Standard on Working Environment in Project Work”; *SPE International Conference on Health, Safety and Environment*, SPE 35923, New Orleans, Louisiana, USA, 9-12 June.
- MACHADO, J. M. H., PORTO, M. F. S., FREITAS, C. M.; 2000, “Perspectivas para uma análise interdisciplinar e participativa (AIPA) no contexto da indústria de processo”, In: *Acidentes Industriais Ampliados – Desafios e Perspectivas para o Controle e Prevenção*, Ed. Fiocruz, Rio de Janeiro
- MAIA, N. C., 2002, *Ergonomia em Projetos de Sala de Controle de Unidades Marítimas de Produção*. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

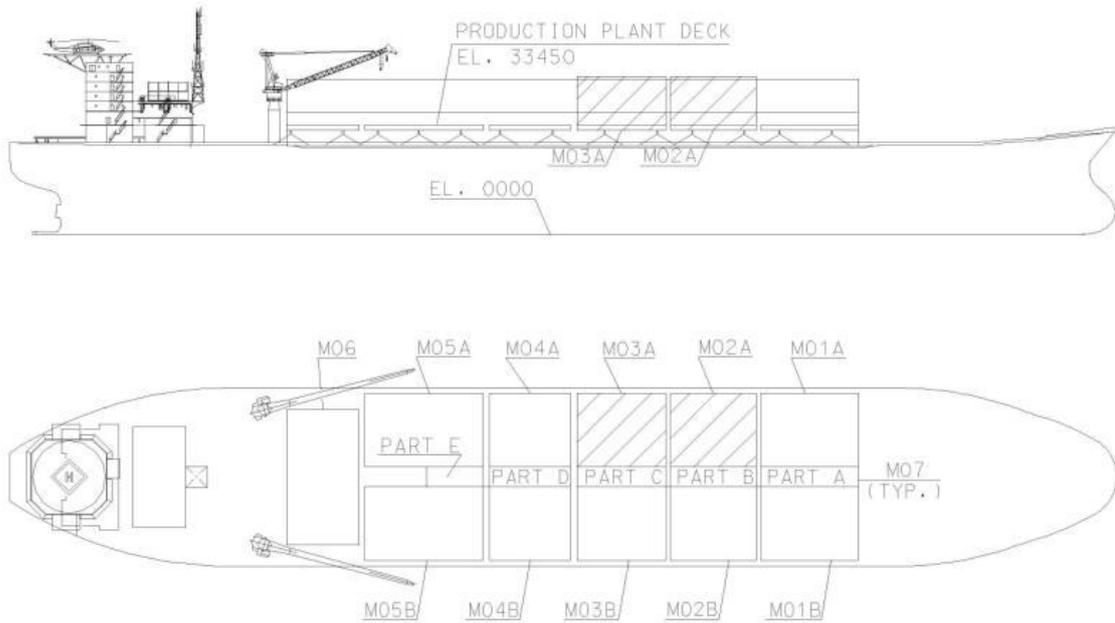
- MATHIAS, A.C., 2008, *Válvulas Industriais Segurança Controle: Tipo, Seleção, Dimensionamento*, Artliber, 1 ed., São Paulo.
- MEYER, J. P., 1996, “La fréquence cardiaque, un indice d’astreinte physique ancien servi par une métrologie moderne”, *Documents pour le médecin du travail*, n. 68 (4^o trim), pp.315-322.
- MORKEN, T., MEHLUM, I. S., MOEN, B. E., 2007, “Work-related musculoskeletal disorders in Norway’s offshore petroleum industry”, *Occupational Medicine*, v. 57, pp. 112-117.
- NORSOK, 1996, S-DP-002 “Working Environment”, 2nd revision
- PAGENHART, A., Buset, H., 1998, “Experience Transfer from Operational Environments to Installation Design: Why, How and What?”, *SPE International Conference on Health, Safety and Environment*, SPE 48828, Caracas, Venezuela, 7-10 June.
- PANERO, J., ZELNIK, M., 2002, “Las Dimensiones Humanas en Los Espacios Interiores – Estándares antropométricos”, 10 ed., G. Gilli, Naucalpan.
- PARKS, S.C., SCHULZE, J.H.L., 1998, “The Effects of the Valve Wheel Size, Operation Position and in-line Pressures on Required Torque for Gate Valves”, *Process Safety Progress*, v. 17, n. 4
- PERROW, C., 1984, *Normal Accidentes: living with high-risk technologies*, Basic Books, 1 ed, New York
- PESSANHA, R. M., 1994, *O trabalho “off-shore”: Inovação tecnológica, organização do trabalho e Qualificação do operador de produção na bacia de Campos*. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- RUNDMO, T., 1992, “Risk Perception and safety on offshore petroleum platforms – Part I: Perception of risk”, *Safety Science*, v. 17, pp. 39-52

- SATRUN, E. A.; 1998, "Ergonomics and Petroleum Engineering"; SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration, 46758-MS, Caracas, Venezuela, 7-10 June.
- SHIH, Y.C., WANG, M.J.J, 1997, "Evaluating the Effects of Interface Factors on the Torque Exertion capabilities of operating handwheels", *Applied Ergonomics*, v. 18, n. 6, pp. 375-382
- SKEPPER, N., STRAKER, L., POLLOCK, C., 2000, A case study of the use of ergonomics information in a heavy engineering design process, *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 26, pp. 425-435
- SOUZA, A.A., 1996, "Perfil do Homem Off-shore: Aspectos Relevantes nas Relações no Trabalho e Familiares", *Caderno de Pesquisas em Administração*, v. 1, n. 3
- THRONDSEN, T.I., HØIVIK, D., 2005, "Designing for a Healthy Working Environment – Engineering Practices and Tools Used in the Norwegian Petroleum Industry", *SPE Asia Pacific Health, Safety and Environment Conference*, SPE 96428, Kuala Lumpur, Malaysia, 19-20 September.
- WISNER, A., 1985, *Quand voyagent les usines*, Syros, Paris
- WISNER, A., 1989, "La nouvelle usine em pays em développement industriel, Transfert ou nouvelle conception", *Le Travail Humain*, v. 52, n. 3, pp. 232-246.
- WISNER, A., 1991, "O homem face a sistemas complexos e perigosos", In: WISNER, A., *A Inteligência no Trabalho: textos selecionados de ergonomia*. São Paulo: Fundacentro, pp.53-70
- WOLDSTAD, J.C., MCMULKIN, M.L., BUSSI, C.A., 1995, "Forces Applied to large hand wheels", *Applied Ergonomics*, v. 26, n. 1, pp. 55-60

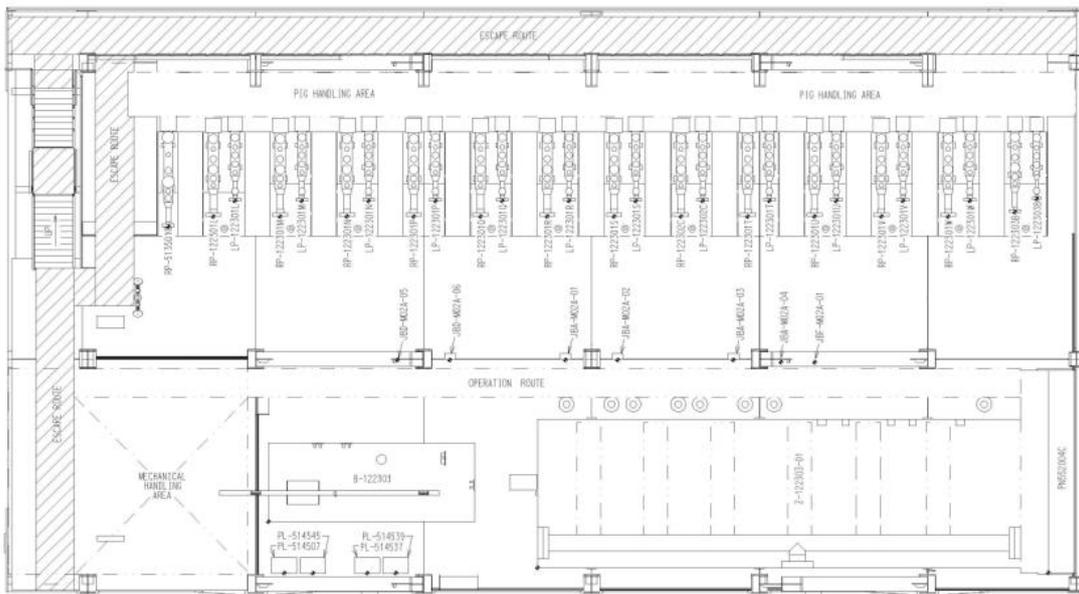
- WOOD, K.K., SCHULZE, L.J.H., CHEN, J.G. *et al.*, 2000, “The effects of Handwheel Position on Torque Production Capability of Operators”, *Occupational Ergonomics*, v. 2, n. 1, pp. 53-65
- WULFF, I.A.; WESTGAARD, R.H.; 1991, “Ergonomic Acceptability Criteria for the Norwegian Offshore Industry”, International Conference on Health, Safety and Environment, 23192-MS, Tague, Holanda, 10-14 November.
- WULFF, A. I., WESTGAARD, R. H., RASMUSSEN, B., 1999, “Ergonomic criteria in large-scale engineering design – I Management by documentation only? Formal organization vs. designers perceptions”, *Applied Ergonomics*, v. 30, pp. 191-205.
- XIAO, Y., MACKENZIE, C.F., 2004, “Introduction to the special issue on Video-based research in high risk settings: methodology and experience”, *Cognition, Technology and Work*, v. 6, pp. 127-130

Anexo II

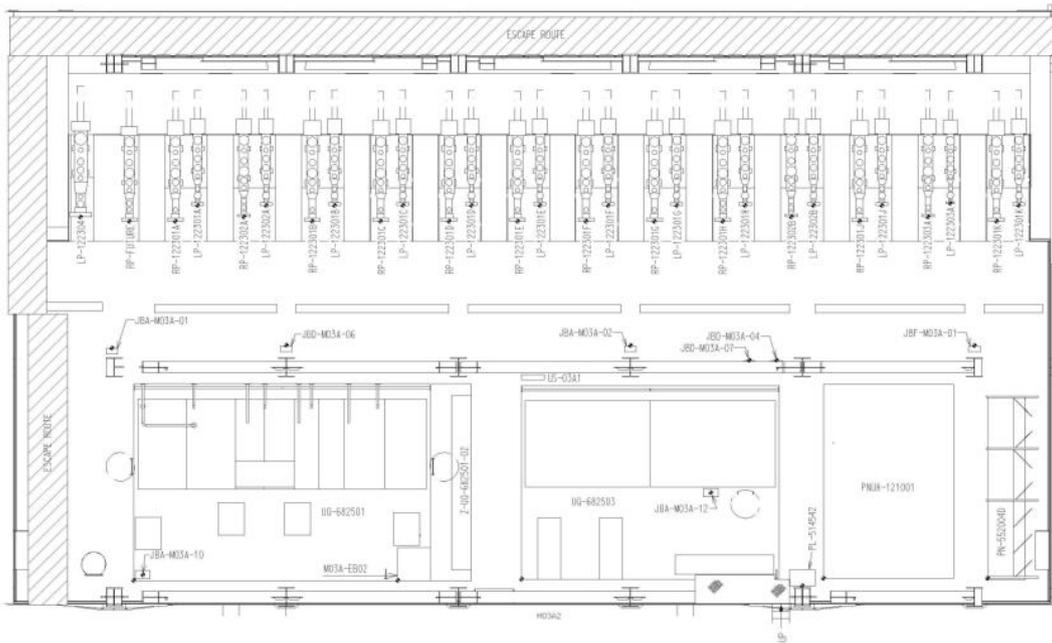
Localização dos módulos de PIGs e manifolds e das estações de lançamento e recebimento



Localização do sistema de lançamento e recebimento de PIG na plataforma visitada: módulos 2A e 3A



Vista de topo do módulo 2A: estações de lançamento e recebimento de PIG



Vista de topo do módulo 3A: estações de lançamento e recebimento de PIG

Anexo III

**Tabela de alturas e dimensões dos volantes das válvulas dos lançadores e
receptores de PIG**

Nº ⁽¹⁾	LP/RP	Tipo de volante	Orientação	Altura *	Dimensão (diâmetro)	Função
1	RP	Roda	Vertical	1,78 m	60 cm	“Saída” do RP
2	RP	Roda	Vertical	1,78 m	60 cm	“Saída” do RP
3	RP	Haste	Vertical	0,20	40 cm	Dreno
4	RP	Roda	Vertical	1,55 m	60 cm	Entrada do RP
5	RP	Roda	Vertical	1,70 m	60 cm	<i>By-pass</i> do RP (sempre aberto)
6	LP	Roda	Vertical	1,50 m	60 cm	<i>By-pass</i> do LP (sempre aberto)
7	LP	Roda	Vertical	1,40 m	60 cm	Saída do LP
8	LP	Roda	Vertical	1,20 1,40 m (2 níveis)	60 cm	Saída do LP
9	LP	Haste	Vertical	1,60 m	65 cm	Entrada do LP
10	LP	Haste	Vertical	1,60 m	65 cm	Entrada do LP
11	LP	Haste	Vertical	0,20 m	40 cm	Dreno
12	RP	Haste	Vertical	1,85 m	40 cm	-
13	RP	Roda	Horizontal	65 cm	35 cm	Dreno
14	LP	Roda	Horizontal	65 cm	35 cm	Dreno
15	LP	Haste	-	35 cm	40 cm	-
16	LP	Haste	-	65 cm	40 cm	-

(1) Com base nas figuras no capítulo 4 (seção).

Anexo IV

Acompanhamentos de atividade

1 – Lançamento de PIG (data: 27/03/2008)

A operação de passagem de PIG é realizada para o poço BR-06, pois a equipe de produção observou vazão reduzida, o que é indicativo de acúmulo de resíduos (parafina) na linha de produção.

O operador está em seu último turno antes de seu desembarque (este turno, no dia do acompanhamento da atividade, terminava às 00h00 em caráter excepcional). Às 20h39 aguarda a convocação para o início da atividade no abrigo dos operadores. Operadores comentam que a sala de controle aguarda o término da partida da bomba de injeção de água para iniciarem o lançamento de PIG (esta partida ocorre devido à parada no sistema de injeção de água que começou às 9h00 do mesmo dia, que, por sua vez, fazia parte de uma parada programada de manutenção). O operador comenta que se não der tempo para a atividade ser realizada neste turno, será realizada no turno seguinte por outro operador.

Observações:

- O lançador de PIG está localizado no módulo 2A.
- FV é uma válvula de controle de fluxo (ou vazão) (*flow valve*). É uma válvula automatizada.
- As referências às válvulas são feitas com base nas ilustrações (nas primeiras páginas deste documento).

Tempo	Descrição	Fase
21h08	<p>O operador está no RP-122301S. Realiza inserção da cesta. Balança-a e empurra-a para dentro em tentativa de vencer a resistência que a inserção da cesta no interior da câmara apresenta.</p>  <p>Observações: Apresenta dificuldade ao inserir a cesta: resistência na inserção e alavancas de válvula obstruem a região à frente da câmara.</p>	Inserção da cesta no receptor
21h11	<p>Após realizar a inserção, passa graxa na borda interna da portinhola (tanto na câmara quanto na porta). Em seguida fecha a portinhola. Realiza o trancamento com certa dificuldade.</p>  <p>Observações: A dificuldade no trancamento se torna mais evidente no momento em que o</p>	Fechamento da portinhola do receptor

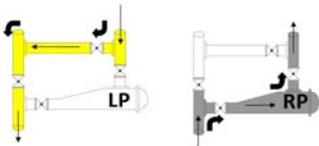
	operador tenta encaixar e fechar o pino da portinhola.	
21h13	<p>Fecha o dreno (as duas válvulas) no recebedor. Fecha também válvula de suspiro do manômetro. Dirige-se ao lançador.</p> <p>Observações: O dreno havia sido aberto previamente (antes do início da operação) para despressurização da câmara, assim como a válvula de suspiro do manômetro. O suspiro libera gás para o ambiente, se apresentando como uma forma de avaliar a pressão interna e ao mesmo tempo de liberação de gás residual.</p>	Fechamento do dreno do recebedor
21h14	<p>No lançador, despressuriza a câmara pelo dreno (o manômetro começa marcando 150 kgf/cm²). Desloca-se e verifica (dando uma forçada no volante) se a válvula de bloqueio estava fechada. Confirmando o bloqueio, abre as duas válvulas do dreno. A de bloqueio abre com o pé, por conveniência. A pressão indicada pelo manômetro vai a zero.</p>  <p>Verbalizações: “Parece que tá zerado (o manômetro), mas tem pressão ainda!”</p> <p>Em seguida, abre o suspiro do manômetro e verifica que sai bastante gás.</p> <p>Verbalizações: “Vou pedir para a sala de controle fechar a FV de gás, pois a pressão ainda está muito alta!”</p> <p>Observações: 1. São duas válvulas para dreno: uma para bloqueio on/off e outra que controla vazão. Caso a vazão aumente muito de repente, a de bloqueio pode ser usada para estancar a passagem de gás (possivelmente por alguma perturbação do sistema). 2. O bloqueio da FV de gás bloqueia a passagem de gás <i>lift</i> para o poço.</p>	Despressurização do lançador
21h20	<p>Comunica-se no rádio: “Atento, W. (operador P1)!”. O operador responde e em seguida ele pede que feche a FV. Desloca-se. Após o fechamento da FV, avalia que ainda há vazão de gás.</p> <p>Verbalizações: “Vou fechar o bloqueio à montante da FV!”</p> <p>Sobe a escada. Dirige-se à válvula em piso acima do nível das estações.</p> <p>Observações: Desconfia que a FV (recentemente bloqueada pela sala de controle) não está fornecendo estanqueidade suficiente e, portanto, decide fechar válvula manual à montante.</p>	Despressurização do lançador
21h22	No caminho em direção à válvula, verifica antes valor no indicador (utilizando a lanterna).	

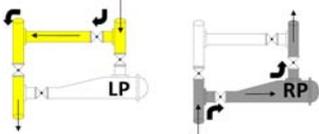
	 <p>Observações: A visibilidade do <i>display</i> do instrumento se dificulta diante da falta de iluminação.</p>	
21h23	<p>Começa a fechar a válvula com as mãos diretamente no volante (figura A). Depois de algum tempo, passa a fechar utilizando chave (figura B).</p>  <p>(A) (B)</p> <p>Termina o fechamento. Emprega esforço adicional no final (para garantir o fechamento da válvula).</p> <p>Observações: O volante da válvula está posicionado em altura que força o operador a adotar uma postura inadequada. O manuseio da válvula se apresenta rígido.</p>	Despressurização do lançador
21h26	<p>Comunica-se com a sala de controle.</p> <p>Verbalizações: Operador comenta que foi verificar se a FV realmente estava fechada. E acrescenta: “Na indicação de instrumento, realmente tá indicando fechada, assim como na sala de controle, mas na verdade tá passando gás... o bloqueio da válvula à montante da FV garante o bloqueio.”.</p> <p>Observações: Ambas as indicações, local e remota, informam que a válvula está fechada. Aparenta ser dois problemas: um mecânico (pois a válvula não dá estanqueidade) e outro de instrumentação (pois os instrumentos informam que a mesma está fechada).</p>	Despressurização do lançador
21h28	<p>Desce a escada.</p>	Despressurização do lançador
21h29	<p>De volta ao lançador, fecha as suas duas válvulas do dreno. Abre suspiro para liberar gás. Verifica se as válvulas de bloqueio da câmara estão bem fechadas, dando uma apertada.</p>	Despressurização do lançador
21h30	<p>Começa a abrir o pino da porta. Em certo momento, começa sair bastante gás do mesmo (acompanhado de alto ruído que indica a liberação). Retira o pino.</p> <p>Observações: Cuidados com a segurança na abertura.</p>	Despressurização do lançador

		
21h31	<p>Recoloca o bastão na portinhola.</p> <p>Verbalizações: “Vou abrir o <i>by-pass</i> da PSV. Ainda tem muito gás!”</p>	Despressurização do lançador
21h32	Desloca-se em direção à escada. Sobe escada.	Despressurização do lançador
21h33	<p>Abre válvula que faz <i>by-pass</i> da PSV com dificuldade. Alterna duas posições em tentativa de facilitar a abertura, obstruída por tubulações na frente do volante da válvula e pela rigidez do manuseio da mesma, que é considerável (devido aos movimentos realizados e posturas adotadas pelo operador).</p> 	Despressurização do lançador
21h37	<p>Passa para abertura de válvula que faz liberação do gás para o <i>flare</i>. Adota postura inadequada, a válvula está dura e o volante solto. O operador não consegue abrir a mesma.</p> <p>Observações: Para manusear a válvula, assume postura incômoda e inadequada. Torce e flexiona o tronco. Inclina a cabeça para poder ver o volante.</p> 	Despressurização do lançador
21h38	Desce a escada para pegar chave (que fica no nível 1, na pilastra, próxima à escada) e retorna (subindo novamente a escada).	Despressurização do lançador
21h39	Tenta com a chave, mas a mesma não encaixa firmemente no eixo da válvula.	Despressurização do lançador
21h42	Desce a escada e a pendura de volta.	Despressurização do lançador
21h43	De volta ao lançador, abre pino da portinhola e verifica que ainda sai muito gás.	Despressurização do lançador

21h45	<p>Pega um alicate de pressão no chão.</p> <p>Verbalizações: “Vou tentar abrir (a válvula de liberação de gás para o <i>flare</i>) com essa aqui [um alicate de pressão]!”.</p> <p>Caminha em direção à escada e sobe para a área das PSVs.</p>	Despressurização do lançador
21h46	<p>Realiza novas tentativas de abrir a válvula com o alicate de pressão. Adota diferentes posturas na tentativa de ganhar firmeza.</p>  <p>Verbalizações: “Tá difícil de abrir! Tá aberto um pouquinho só...”.</p> <p>Por hora desiste da abertura da válvula de liberação de gás para o <i>flare</i>.</p>	Despressurização do lançador
21h49	Desce a escada.	Despressurização do lançador
21h50	<p>De volta ao lançador, manipula as válvulas do dreno. Abre o pino da portinhola e nota que o gás diminuiu. Mesmo ainda havendo gás, resolve abrir a porta.</p> <p>Observações: Ao abrir, verifica-se barulho forte de gás saindo da câmara. Sensação térmica (de temperatura mais alta do que a normal) no ambiente.</p>	Despressurização do lançador
21h52	Pega PIG embalado no chão e abre a embalagem plástica com a mão. Coloca-o dentro da câmara. Caminha para pegar bastão.	Inserção do PIG
21h53	<p>Empurra o PIG dentro da câmara com o bastão, posicionando-o mais em direção à linha de injeção de gás <i>lift</i>. Utiliza lanterna para verificar o direcionamento do PIG ao empurrá-lo com o bastão.</p>  <p>Observações: Utiliza o bastão, pois não pode posicionar o PIG no lugar adequado somente com o alcance do braço.</p>	Inserção do PIG
21h54	Retira o bastão. Coloca o mesmo em pé, encostado à parede.	Inserção do PIG
21h55	<p>Passa graxa na borda interna da entrada da câmara e da porta.</p> 	Fechamento da portinhola
21h56	Fecha a portinhola. Limpa a graxa na luva. Vai aos poucos direcionando e	Fechamento da

	encaixando a porta.	portinhola
21h58	<p>Encaixa. Fecha alavanca, forçando-a. Limpa graxa na luva novamente. O encaixe não foi suficiente, fazendo que tente novamente fechar a porta, empurrando-a. Pega uma chave.</p> <p>Outro operador o interrompe e oferece ajuda.</p> <p>Abre a porta novamente. Fecha, direciona, empurra com força. O operador bate com a chave nos cantos da porta. Em seguida, o outro operador também passa a bater com outra ferramenta, enquanto encaixa e direciona a porta na entrada da câmara.</p>  <p>Observações: Percebe-se claramente dificuldade para fechar a portinhola. Na hora de pegar a chave, a intenção é utilizá-la para dar batidas na portinhola de forma a direcioná-la, facilitando o fechamento. A parte da ferramenta utilizada para bater geralmente é o cabo.</p>	Fechamento da portinhola
22h01	<p>Os dois operadores tentam empurrar a porta em conjunto. Em seguida, enquanto um vai batendo com o cabo da ferramenta, o outro fecha a alavanca até finalmente conseguirem o fechamento.</p> 	Fechamento da portinhola
22h02	<p>Inserem o pino na portinhola. Dão mais batidas para forçar o encaixe do mesmo. Para auxiliar, um dos operadores ilumina a portinhola com uma lanterna. Após encaixá-lo de forma que satisfatória, utilizam a alavanca do pino e o gira. Faz força para fechar. O operador verifica se está bem fechado fazendo força para apertar.</p>  <p>Verbalizações (operador que auxiliou): “Beleza? Show! Agora ficou bom!”</p>	Fechamento da portinhola
22h03	<p>O operador auxiliar fecha suspiro do manômetro. Enquanto isso, operador P3 caminha em direção à escada para fechar o <i>by-pass</i> da PSV.</p>	Realinhamento das válvulas abertas

		para despressurização
22h06	O operador fecha a válvula de <i>by-pass</i> da PSV. Verbalizações: “Ali [válvula de liberação para o <i>flare</i>] não abriu nada!”	Realinhamento das válvulas abertas para despressurização
22h08	Após terminar de fechar a válvula, desce a escada.	Realinhamento das válvulas abertas para despressurização
22h09	No segundo nível, fala no rádio com a sala de controle. Começa a abrir a válvula de bloqueio a montante da FV. Observações: Abre a válvula com dificuldade, o que se percebe nas posturas adotadas e a partir do esforço para girar o volante.	Liberação de gás <i>lift</i> a montante
22h10	Verbalizações: “Muito pesada [a válvula]!” Caminha e desce a escada para pegar chave.	Realinhamento das válvulas abertas para despressurização
22h11	Pega chave na pilastra no nível das estações. Sobe a escada e retornando com a chave na mão.	Realinhamento das válvulas abertas para despressurização
22h12	Começa a fechar a válvula com a chave. Ouve-se neste momento ruído de gás nas tubulações. Larga a chave e passa a fechar a válvula com a mão, aparentemente mais suave após romper o torque inicial. Fecha a válvula completamente. Observações: A chave é utilizada para romper o torque de “trava”. Em seguida o manuseio é feito com a mão. O operador avalia a rigidez de manuseio e vai decidindo se atua com a chave ou diretamente com as mãos.	Realinhamento das válvulas abertas para despressurização
22h13	Caminha.	
22h14	Desce a escada.	
22h15	Vai para a câmara de recebimento. Abre as válvulas de “saída” do recebedor. Observações: Estas válvulas alinham a saída da câmara em direção ao <i>choke</i> . O fluxo se divide por duas linhas em paralelo para suportar a vazão do óleo produzido.	Alinhamento do recebedor
22h16	Abre a válvula de “entrada” do recebedor. Observações: As válvulas não apresentam rigidez no manuseio, porém demoram para serem abertas (muitas voltas).	Alinhamento do recebedor
22h17	Verifica se o dreno está bem fechado, apertando bem o volante da válvula. Fecha a válvula de bloqueio da linha, desviando o fluxo para o interior do lançador (figura abaixo). Continua fechando a válvula. Verifica suspiros do manômetro. 	Alinhamento do recebedor
	Observações:	

	O efeito das caixas de redução resultam em muitas voltas para abrir ou fechar e, portanto, prolonga a atuação. A altura do volante da válvula é elevada. O operador apresenta sinais de cansaço. Adota diferentes posturas para aliviá-lo.	
22h21	Dirige-se ao lançador. Pega chave (parecida com um alicate de pressão). Abre a equalizadora com ela. Após “quebrar” o torque inicial, passa a abrir com a mão. Olha para o manômetro. Abre mais a válvula. Percebe-se ruído de gás passando pelo desvio (de equalização). A pressão indicada pelo manômetro sobe para 125 kgf/cm ² . Verbalizações: “Equalizou!”	Alinhamento do lançador
22h24	Abre uma das válvulas de bloqueio da câmara.	Alinhamento do lançador
22h25	Abre a outra válvula de bloqueio.	Alinhamento do lançador
22h26	Abre uma das válvulas de “entrada” da câmara.	Alinhamento do lançador
22h27	Abre a outra válvula de “entrada”, puxando a alavanca para baixo (sentido anti-horário). Observações: Para abrir esta válvula, sobe no volante da válvula de dreno e na própria câmara.	Alinhamento do lançador
22h28	Fecha a válvula de descida do gás <i>lift</i> (que faz o <i>by-pass</i> da câmara quando aberta). Comunica-se no rádio.	Alinhamento do lançador
22h29	Abre mais a alavanca da válvula de “entrada”.	Alinhamento do lançador
22h30	Manuseia a válvula de bloqueio da câmara. Comunica-se no rádio.	Alinhamento do lançador
22h31	Fecha a alavanca da válvula de “entrada” mais para cima (sentido anti-horário). Caminha.	Realinhamento do lançador
22h33	O operador verifica o indicador de partida (XLIT) que confirma a ida do PIG. Abre a válvula de bloqueio da câmara. Observações: Começa a realinhar as válvulas para a configuração normal, isolando a câmara. O volante da válvula está elevado e percebe-se que o manuseio da mesma é rígido.	Realinhamento do lançador
22h34	Fecha uma das válvulas de bloqueio.	Realinhamento do lançador
22h35	Fecha a outra válvula de bloqueio. Fecha a primeira válvula de entrada, puxando-a para baixo em sentido horário. Fecha a segunda, empurrando-a para cima, também em sentido horário. Retorna o sistema à configuração da figura abaixo. 	Realinhamento do lançador
22h36	Sobe no volante da válvula de dreno para fechar a válvula equalizadora.	Despressurização do lançador
22h37	Abre a válvula de controle do dreno. Tenta abrir a válvula de bloqueio do dreno com o pé, mas não consegue. Pendura-se para conseguir exercer maior força com auxílio de seu peso. A válvula se abre e se faz muito barulho (de passagem de gás). O operador corre para fechar o dreno (volante).	Despressurização do lançador
22h38	“Reseta” o XLIT do RP. Volta para o dreno do LP. O dreno está totalmente aberto. O PI marca 0 kgf/cm ² . O operador aguarda.	Despressurização do lançador

22h40	Começa a abertura da portinhola. Observações: Ao iniciar a abertura, percebe-se que sai um pouco de gás.	Abertura da portinhola
22h41	Controla a vazão do dreno manipulando a válvula (volante). Tira a chave do volante da equalizadora e a apóia no vão da parede.	Abertura da portinhola
22h42	Abre suspiro. Ainda sai gás.	Abertura da portinhola
22h43	Verifica saída de gás abrindo pino da porta. Fecha bloqueio do dreno. Abre mais o pino. Ouve-se barulho de gás sendo liberado no ambiente. Abre a válvula de bloqueio do dreno. Abre mais o pino. Ouve-se novamente barulho de gás, só que agora mais intenso. Verbalizações: “Fechei e aumentou mais o vazamento. Vou ter que fechar a FV.”.	Abertura da portinhola
22h44	Rádio: avisa a sala de controle.	Despressurização do lançador
22h45	Desloca-se. Pega chave. Sobe escada.	Despressurização do lançador
22h46	Começa a fechar válvula à montante da FV. Fecha com chave. Observações: O operador se esforça ao fechar a válvula. A mesma demora para ser fechada (muitas voltas).	Despressurização do lançador
22h51	Caminha.	
22h52	Desce a escada. No lançador, abre o pino. Verifica que ainda sai gás. Coloca a mão próxima do local que libera gás. Aguarda. Abre e fecha o dreno (possivelmente para se certificar do seu fechamento).	Despressurização do lançador
22h54	Começa abertura da portinhola. Com a lanterna, verifica o interior da câmara. Constata a ausência do PIG, confirmando seu lançamento. Com o rádio, avisa para a sala de controle: “Pig lançado!”.	Abertura da portinhola
22h55	Começa fechamento da portinhola. Bate com o bastão, encaixando a porta e direcionando-a. Usa a alavanca e tenta empurrar a portinhola. Mais batidas com o bastão. Novamente usa a alavanca e tenta empurrá-la. Pega chave maior para dar batidas agora mais fortes. Utiliza a alavanca do pino e tenta fechar novamente. Dá mais “batidinhas, tentando fechar a porta ao mesmo tempo. Tenta novamente fechar a alavanca do pino. Mais batidas. O pé escorrega (há óleo e graxa no chão). Mais batidas. Tenta inserir o pino com a mão. Insere e utiliza a alavanca do pino. Vai girando a alavanca. Fecha o suspiro do manômetro.	Fechamento da portinhola
23h01	Fecha o dreno e verifica se suas válvulas estão bem fechadas. Caminha.	Realinhamento do lançador
23h02	Comunica-se no rádio. Sobe escada.	Realinhamento das válvulas abertas para despressurização
23h03	Começa a abrir válvula a montante da FV com a chave.	Realinhamento das válvulas abertas para despressurização
23h05	Ouve-se barulho de gás passando. Passa a abrir a válvula com a mão. Adota diferentes posturas. Observações: As diferentes posturas adotadas podem representar sinais de cansaço. São também busca por posições que facilitem a abertura da válvula.	Realinhamento das válvulas abertas para despressurização
23h06	Termina de abrir a válvula. Desce a escada.	
23h08	Retorna ao lançador	Realinhamento do lançador

	<p>Verbalizações: “A vazão de gás está muito alta e a sala de controle pediu para restringir!”.</p> <p>Regula o fechamento da válvula de bloqueio da linha de produção próxima à câmara (não completamente, apenas ajustando-a).</p> <p>Fala no rádio: “Tá bom?”</p>	
23h09	Abre a válvula mais um pouco. Aguarda por alguns minutos.	Realinhamento do lançador
23h12	Abre mais um pouco.	Realinhamento do lançador
	Fim.	

2 – Manutenção preventiva nos lançadores e recebedores de PIG (data: 29/03/2008)

Antes de iniciar a atividade, o mantenedor chega à estação com o cartaz contendo a permissão de trabalho (PT), uma bolsa de ferramentas e um pote de graxa. Pendura o cartaz com a PT e a bolsa na porta da câmara. Deixa o pote de graxa no chão (figura abaixo). A manutenção será feita em duas estações: primeiramente em um recebedor e depois em um lançador.



Cartaz com PT e material utilizado durante a atividade

Tempo	Descrição	Fase
10h01	Na estação RP-122301W (recebedor), começa a realizar a inserção de graxa selante com a bomba de alta pressão. Agacha-se. Pega a bomba. Encaixa o bico no pino graxeiro (próximo à válvula de bloqueio do dreno). Bombeia. Para de bombear e se levanta. Caminha.	Inserção de graxa selante
10h02	Sobe no duto do dreno. Insere bico no pino próximo à válvula de bloqueio (nº 5) da câmara. Bombeia.	Inserção de graxa selante
10h05	Começa a amaciar as válvulas. A válvula de volante nº 1 já apresentava manuseio suave. A de nº 2 apresenta rigidez de manuseio. O mantenedor realiza o amaciamento dela com cuidado, para evitar um alinhamento incidental. Não pode abrir muito a válvula ao amaciá-la. Verifica as válvulas nº 4 e 5, notando que estão já macias. Passa a limpar estojo (no entorno das válvulas nº 1 e 2) com a escova.	Amaciamento
	<p>Verbalizações: “[O ato de manusear o volante para um lado e para o outro] é para tirar o torque!”</p>	
10h07	Faz a limpeza dos estojos da válvula de controle de vazão do dreno (nº 13). Passa para o estojo próximo às válvulas nº 1 e 2. Agachado, faz a limpeza dos estojos (com escova) da válvula do dreno (nº 13). Passa graxa utilizando pincel. Em seguida repete a operação em mais três estojos acima da câmara.	Lubrificação dos estojos

		
10h11	<p>Na válvula de controle do dreno (n° 3) e no estojo em volta, agachado, passa a escova nos estojos e, em seguida, graxa. Dá uma torcida no volante da válvula. Repete o processo em estojo maior em parte elevada da câmara.</p> 	Lubrificação dos estojos
10h13	<p>Dirige-se ao outro lado da estação (entre as estações de lançamento e recebimento de poços distintos). Vai lubrificando os lados dos estojos que faltavam limpar e engraxar. Em seguida, se retira e passa pincel com graxa na válvula n° 12.</p> 	Lubrificação dos estojos
10h14	<p>Pega alicate de pressão. Afrouxa uma porca próxima ao manômetro e olha para o mesmo. Encerra as atividades no recebedor.</p>	Amaciamento
10h15	<p>Começa no LP-122301W (lançador).</p> <p>Verbalizações: “De tanto a gente lubrificar direto, já tem umas partes que já estão lubrificadas”, diz o mantenedor apontando para estojos na estação LP.</p>	Lubrificação dos estojos
10h17	<p>Passa pincel com graxa em estojos na localizados na parte superior da câmara.</p>	Lubrificação dos estojos
10h18	<p>Passa pincel com graxa nos estojos das válvulas n° 6, 7 e 8. Pega a escova no chão e, agachado, a esfrega em porcas dos estojos da válvula de controle do dreno (n° 14), removendo camadas de ferrugem. Em seguida, passa o pincel com graxa para lubrificar os estojos desta válvula.</p>	Lubrificação dos estojos

		
10h22	Passa o pincel na válvula nº 14 (na porção do eixo de rotação exposta ao ar). Torce o volante. Passa para outro estojo esfregando a escova.	Lubrificação dos estojos
10h24	Com o alicate de pressão, torce volantes de válvulas menores, amaciando-as. 	Amaciamento
10h25	Passa para a válvula nº 8. Tenta amaciá-la com a mão inicialmente, mas não consegue romper o torque de “trava”. Em seguida, utiliza chave de roda e consegue fazê-la girar. Passa para a válvula nº 7 e, também com a chave, realiza o amaciamento. Na válvula do suspiro (no manômetro próximo às válvulas de entrada de gás do lançador: nº 7 e 8), utilizou também a chave para romper o torque. Por fim, amacia com as mãos a válvula nº 6. 	Amaciamento
10h27	Termina a manutenção. Verifica papéis das ordens de manutenção das estações lançadora e recebedora para as quais executou manutenção.	Término
10h29	Guarda as ferramentas na bolsa e pega a bomba de inserção de graxa selante (de alta pressão) na mão. Retira o cartaz da estação e o encosta na parede. Dirige-se ao abrigo dos operadores.	Término
10h35	No abrigo, pega outra PT referente a outras atividades com o operador P3. Em seguida, explica para o mesmo operador as tarefas recentemente executadas no lançador e recebedor.	Término
	Fim.	
<p>Verbalizações a posteriori</p> <p>1 – A válvula de entrada do RP é muito rígida? “Válvula fechada [em tubulação de gás] não pode mexer. Fica sem amaciar... Pode pressurizar linha que não pode ser pressurizada...”.</p> <p>2 – O que se pretende obter como resultado ao escovar os estojos? “Tirar a oxidação, para depois lubrificar. Alguns pontos [já estão] ok, mas é necessário para depois passar</p>		

graxa por cima. Lubrificante... preservação... A [graxa] selante cria barreira entre a sede e a esfera [que são dispositivos internos da válvula]. A maioria das válvulas esfera é assim. Uma dificuldade aqui é não ter andaime [para bombear em pinos elevados].

3 – O pino do manômetro foi manipulado com o alicate de pressão (“chave de grifo”). Como foi isso? Rompi o torque com a chave de grifo. Ninguém mexe ali... cai água gelada [devido à condensação]... Boto a chave e tiro o torque. Nessa hora venta [gás]. Tem que ser rápido, pois senão toca alarme.”.

4 – Em relação à graxa passada nos estojos, como ela ajuda na manutenção?
“A graxa lubrifica os estojos... protege as roscas e as porcas da ferrugem... [hesitação] do ambiente... é lubrificante... [hesitação] pra preservação...”.

5 – Qual a finalidade deste bombeamento de graxa? Ela lubrifica?
“A bomba [de alta pressão] é para inserir graxa selante. Não tem nada a ver com lubrificação.”.

Anexo V

Gráficos das etapas da atividade de operação registrada com o CAPTIV®

Seqüência das fases da atividade: lançamento de PIG

	Preparação	Alinhamento RP	By-pass PSV	Abertura tampão	Dreno LP	Inserção PIG	Fechamento tampão	Alinhamento LP	Realinhamento RP
10h49									
10h53									
10h58									
11h09									
11h09									
11h10									
11h10									
11h11									
11h12									
11h22									
11h29									
Duração (%)	9,3	11,6	24,5	2,0	1,6	2,3	23,7	15,7	8,9

Seqüência das fases da atividade: recebimento de PIG

	Preparação	Realinhamento RP	Dreno LP	By-pass PSV	Abertura retirada cesta	Fechamento RP
15h14						
15h17						
15h22						
15h23						
15h36						
15h38						
15h40						
%	11,43	25,01	2,8	48,8	6,67	5,29