
Avaliação dos fatores humanos no projeto de sala de controle em sonda de perfuração offshore

Evaluation of human factors in the control room design on offshore drilling rig

Fabricio Viana Andretti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8137-3321>

UERJ, Brasil

E-mail: fabricio2906engenheiro@gmail.com

Liliane Vieira Bello

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8060-7686>

UNIGRANRIO, Brasil

E-mail: liliane_bello@hotmail.com

Marcelo Moraes Costa

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1151-8955>

UFRJ, Brasil

E-mail: guiarex@hotmail.com

Fernanda Cordeiro Arêas

IFF Campos, Brasil

E-mail: fernanda@tctargetconsulting.net.br

RESUMO

Este artigo apresenta uma sistemática de avaliação dos fatores humanos no projeto de sala de controle em sonda de perfuração offshore por meio de elaboração de uma lista de requisitos, baseado nos fatores contribuintes para o desempenho humanos considerando as referências bibliográficas em publicações científicas, normas internacionais de referência e experiências de outros setores (ex. setor nuclear). O objetivo deste estudo é fornecer aos projetistas uma lista de requisitos, que pode ser convertida em um questionário, de fatores humanos compreensível para a avaliação das salas de controle em sondas de perfuração offshore. Esta lista de requisitos também pode ser utilizada por unidades de perfuração já em operação para orientar o estabelecimento de ações que serão futuramente executadas em paradas de operação em estaleiro ou conforme planejamento.

Palavras-chave: sala de controle; engenharia de fatores humanos; fatores humanos.

ABSTRACT

This article presents a systematic assessment of human factors in the design of a control room on an offshore drilling rig by drawing up a list of requirements, based on factors contributing to human performance, considering bibliographical references in scientific publications, international standards of reference and experiences from other sectors (e.g. nuclear sector). The objective of this study is to provide designers with a list of requirements, which can be converted into a comprehensive human factors questionnaire, for the evaluation of control rooms on offshore drilling rigs. This list of requirements can also be used by drilling units already in operation to guide the establishment of actions that will be carried out in the future during operational shutdowns at the shipyard or according to planning.

Keywords: control room; human factors engineering; human factors.

INTRODUÇÃO

Muitos acidentes são resultados de falhas latentes. Apesar dos operadores serem frequentemente responsabilizados pelos acidentes, esses operadores herdaram os defeitos do sistema ocasionados por projetos deficientes, instalações incorretas, falhas na manutenção ou decisões gerenciais equivocadas (Goldenstein, 1997). A engenharia de fatores humanos (EFH), como disciplina e como processo, busca descobrir e aplicar conhecimentos sobre as capacidades e limitações humanas ao projeto de sistemas e equipamentos, garantindo que o projeto, as tarefas humanas e o ambiente de trabalho sejam compatíveis com os atributos sensoriais, perceptivos, cognitivos e físicos do pessoal que opera sistemas e equipamentos (Santos et al., 2008).

Este artigo apresenta uma sistemática de avaliação dos fatores humanos no projeto de sala de controle em sonda (unidade marítima) de perfuração offshore do setor de petróleo e gás natural por meio de elaboração de uma lista de requisitos que podem ser convertidos em questionário. O processo de revisão dos fatores humanos é um componente integrante do relatório final de análise de segurança das unidades marítima offshore. A lista de requisitos de fatores humanos desenvolvido neste estudo fornecerá um suporte para o aumento da eficiência do processo de avaliação e adequação do projeto das salas de controle de unidades de perfuração offshore aos requisitos legais da agência reguladora (ANP – Agência Nacional de Petróleo) e boas práticas mundiais de mercado, possibilitando a identificação de problemas de projeto que podem influenciar a avaliação do risco e indicar a atualização/criação de barreiras de segurança operacional.

A ISO 11064 (projeto ergonômico de centros de controle), distribuída em sete partes, especifica os princípios padrão para o projeto ergonômico de salas/centros de controle, incluindo layout e dimensões de estações de trabalho, com o objetivo de melhorar o desempenho humano e promover as melhores práticas de segurança. A norma ISO 11064 apresenta-se como uma importante ferramenta para o desenvolvimento de projetos de centros de controle, entretanto, não deve ser utilizada isoladamente (Maia, 2002).

A análise dos aspectos de fatores humanos também considerou referências de outros setores como a NUREG 700 (2002) do setor nuclear. A NUREG 700 define os fatores humanos como sendo um grupo de informações relacionadas com as habilidades, limitações e outras características humanas que são relevantes para o projeto de um

sistema. A engenharia de fatores humanos busca por meio de experimentos em laboratórios, técnicas de simulação, obter dados sobre as características humanas com o objetivo de inserir esses dados no projeto de ferramentas, máquinas, sistemas, interfaces, equipamentos e salas de controle, para uso efetivo pelo ser humano em condições confortáveis e seguras.

No setor de petróleo a API-770 - Management Guide to Reduce Human Errors (2001) apresenta um guia de gerenciamento para redução de erros humanos, ou seja, mostra técnicas que permitem uma melhor compreensão das causas básicas dos erros humanos e sugere maneiras de reduzir estes erros, ela estabelece como solução para aumento do desempenho humano nas tarefas de manutenção, o uso de check list e procedimentos bem desenhados em substituição aos tradicionais modelos narrativos. Ou seja, a melhoria dos procedimentos é uma das principais ações para aumento da confiabilidade humana (HRA - Human Reliability Analysis).

O objetivo deste estudo é fornecer aos projetistas uma lista de verificação de fatores humanos compreensível para a avaliação sala de controle em sonda de perfuração offshore. A lista de verificação de fatores humanos desenvolvido neste estudo fornecerá um suporte valioso para o aumento da eficiência do processo de avaliação e adequação do projeto das salas de controle de unidades de perfuração offshore aos requisitos legais do SGSO (Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional) da agência reguladora (ANP – Agência Nacional de Petróleo), possibilitando a identificação de falhas de projeto que podem influenciar os riscos para a segurança operacional.

DESENVOLVIMENTO

O setor de petróleo e gás natural existe há mais de 150 anos embora a utilização, pelo ser humano, de petróleo na forma de betume, ou asfalto, ou “lama” seja mais remota, existindo desde a antiguidade. Nos dias de hoje, é praticamente impossível entrar em um ambiente construído pelo homem que não contenha diversos bens manufaturados cujos componentes derivam do petróleo. Com o estilo de vida contemporâneo, tornou-se inimaginável pensar em um mundo sem petróleo e gás.

O setor de petróleo e gás é um dos mais relevantes da indústria mundial, em especial, pelo seu nível de participação nas matrizes energéticas (IBP, 2019). Em 2017 o setor de petróleo e gás representava cerca de 56% da energia primária consumida

globalmente (BNDES, 2021). Desde seus primórdios, o setor de petróleo e gás mundialmente vem convivendo com flutuações cíclicas do preço do barril do petróleo, onde as quedas vinham geralmente acompanhadas por grandes reestruturações do setor. Empresas de exploração e produção estão constantemente buscando oportunidades para acessar reservatórios offshore, impulsionando a demanda por serviços de perfuração. No entanto, esse mercado também é suscetível a flutuações devido à volatilidade dos preços do petróleo e às preocupações ambientais crescentes.

O mercado de perfuração offshore é influenciado por uma combinação de fatores, incluindo preços globais de petróleo e gás, avanços tecnológicos na perfuração submarina e demanda por energia. Empresas de exploração e produção estão constantemente buscando oportunidades para acessar reservatórios offshore, impulsionando a demanda por serviços de perfuração. No entanto, esse mercado também é suscetível a flutuações devido à volatilidade dos preços do petróleo e às preocupações ambientais crescentes.

As sondas de perfuração offshore desempenham um papel fundamental na exploração e produção de recursos de petróleo e gás localizados abaixo do leito marinho. Essas estruturas robustas e complexas são projetadas para perfurar poços submarinos, coletar informações geológicas e facilitar a extração de hidrocarbonetos.

Essas estruturas podem variar desde plataformas fixas que são instaladas em locais onde a profundidade não é excessiva, plataformas de perfuração auto elevatórias (jackups) até sondas semissubmersíveis e navios sondas que são utilizados em águas mais profundas. O objetivo principal é alcançar depósitos de hidrocarbonetos enterrados no leito oceânico e trazer esses recursos valiosos para a superfície.

As características dos ativos/instalações, do dispositivo técnico e do funcionamento de determinadas plantas e unidades das indústrias de processo contínuo, ligadas aos setores como o setor nuclear, o setor de petróleo e gás natural, o setor químico e petroquímico etc., permitem-nos, então, encará-las como exemplos clássicos dos chamados sistemas complexos de alto risco ou sistemas sociotécnicos complexos (Leplat & Terssac, 1990) e que são capazes de desencadear os acidentes de grande magnitude ou acidentes ampliados (Le Coze, 2016). Esses são eventos com potencial para causar simultaneamente múltiplos danos sejam materiais, ambientais e à saúde física e mental dos trabalhadores e demais da sociedade expostos ao incidente/acidente.

O processo de perfuração possui significativo grau de incerteza e imprevisibilidade, cujas variabilidades se apresentam em maior ou menor intensidade e

frequência, dependendo das características da tarefa, algo que pode acarretar atrasos substanciais no cronograma (Figueiredo et al., 2022). Apesar da redução progressiva do número de desastres por petróleo desde 1970, observam-se ainda acidentes de grande proporção (Soares et al., 2020). A atividade de perfuração apresentava o maior número de acidentes para o segmento das plataformas flutuantes (móveis) (Daniellou et al., 2010). Quando esses desastres ocorrem longe da costa litorânea, são pouco conhecidos, mas quando atingem o continente, repercutem nas populações, ecossistemas e exigem respostas imediatas. Os serviços de perfuração de poços denotam grau de risco elevado (Aslan, 2021).

Sondas de perfuração offshore operam em ambientes extremamente desafiadores pois enfrentam condições climáticas adversas, como ventos fortes e ondas altas, além de terem que lidar com a corrosão constante causada pela exposição à água salgada do mar. Além disso, a profundidade das águas onde algumas dessas sondas operam pode variar significativamente, o que requer tecnologias avançadas de posicionamento para manter a estabilidade da sonda durante as operações. Para garantir a segurança das operações e a eficiência do processo, sistemas de alarme desempenham um papel crucial.

As salas de controle e monitoramento são áreas críticas para muitos setores. Os operadores muitas vezes passam longas horas monitorando processos ou locais que costumam ser de alto risco, o que pode ser estressante e cansativo. A ergonomia é um elemento crucial para otimizar a segurança, a produtividade e o bem-estar destes trabalhadores.

Um projeto de salas de controle deve empregar as melhores práticas em ergonomia, gerenciamento de fadiga e outros fatores humanos para otimizar o desempenho, a eficiência e a segurança. As sondas de perfuração offshore são equipadas com uma série de sistemas complexos que garantem a funcionalidade, segurança e eficiência das operações. Alguns dos principais sistemas incluem:

Sistema de posicionamento dinâmico (DP - Dynamic Positioning): o DP é essencial para manter a sonda de perfuração na posição correta, especialmente em águas profundas. Alarmes nesse sistema podem alertar a tripulação sobre qualquer desvio da posição desejada, evitando colisões e garantindo a estabilidade da sonda.

Sistema de geração de energia: devido à distância da costa, as sondas dependem de sistemas de geração de energia robustos e redundantes. Alarmes nesse sistema podem indicar falhas nos geradores, garantindo um suprimento contínuo de energia para as

operações críticas e para o sistema de posicionamento dinâmico que mantem as unidades semissubmersíveis e os navios sondas na posição sobre o poço que está sendo perfurado.

Sistema de perfuração: o sistema de perfuração é responsável por criar poços submarinos. Alarmes nessa área podem detectar problemas com a broca, pressão anormal no poço ou até mesmo ganhos anormais de fluidos de perfuração, prevenindo acidentes graves.

Sistema de controle do BOP (BlowOut Preventer): o BOP é projetado para controlar a pressão do poço e prevenir vazamentos descontrolados (blowouts). Alarmes aqui alertam a equipe sobre quaisquer anomalias no sistema que possam levar a um incidente de segurança.

Sistema de detecção e combate a incêndios / gases tóxicos: devido à natureza inflamável dos hidrocarbonetos, as sondas são equipadas com sistemas avançados de detecção e combate a incêndios. Alarmes nesse sistema alertam sobre a presença de fogo ou fumaça, permitindo uma resposta rápida. Normalmente, este sistema também possui sensores para detecção de H₂S (sulfeto de hidrogênio) e CH₄ (metano). Devido à natureza inflamável dos hidrocarbonetos, sistemas de detecção de gás e vazamentos são fundamentais. Esses alarmes alertam sobre a presença de gases perigosos, permitindo uma resposta rápida para evitar incêndios ou explosões.

METODOLOGIA

A busca por referências bibliográficas abrangeu os projetos ergonômicos em salas de controle. A partir dessa busca foram desenvolvidos focos secundários que abrangeram a atividade dos operadores, os projetos de ambiências, as normas técnicas vigentes, os aspectos técnicos do funcionamento das tarefas críticas executadas nas unidades marítimas de perfuração, os procedimentos metodológicos para o desenvolvimento de projetos ergonômicos, dentre outros. As normas nacionais/internacionais foram consideradas para estabelecimento dos requisitos. As normas não determinam com precisão a especificação dos requisitos de um projeto da sala de controle, mas são pontos de partida úteis para projeto de menor nível de risco para segurança operacional e ocupacional.

A lista proposta foi baseada nos fatores contribuintes para o desempenho humanos (*Performance Shaping Factors – PSF*) considerando as referências bibliográficas em publicações científicas, normas internacionais de referência e experiências de outros setores (ex. NUREG 700 para setor nuclear).

Este estudo utilizou como referências as normas API-770, ISO 11064 e NUREG 700. Entretanto, outras normas e regulamentações de referência relacionadas para projetos de salas de controle foram analisadas (NBR 5382, NBR 5413, NBR 5461, NBR 5626, NBR 6401, NBR 6493, NBR 7195, NBR 9050, NBR 10152, NBR 11836, NBR 13435 e NBR 13971, ISO 6385, ISO 7250, ISO 13406, NR 17, NORSOK S-DP-002, NORSOK I-CR-004, NORSOK I-002, ISA 5.1).

RESULTADOS

A avaliação da sala de controle exige a seleção de técnicas de medição adequadas. Depende dos propósitos da situação geral e das restrições práticas. Destarte, técnicas de pesquisa, como questionários e entrevistas, podem ser usadas para avaliar as necessidades, opiniões, percepções, expectativas e reações dos usuários potenciais. Ademais, existem muitas ferramentas de ergonomia, como escalas de classificação e questionários, que têm sido utilizadas para a avaliação do desempenho de sistemas (Huang et al., 2007). Este artigo concentra-se em apresentar uma lista compreensível e útil para a verificação dos requisitos dos fatores humanos no projeto das salas de controle de sondas de perfuração offshore.

A ISO 11064 para Projeto ergonômico de centros de controle, foi desenvolvida pela Organização Internacional de Padronização (ISO) em resposta a uma necessidade crescente de padrões de design ergonômico para centros de controle. Esta norma visa melhorar a saúde, a segurança e o bem-estar dos operadores dos centros de controle, fornecendo recomendações para a concepção de espaços de trabalho que reduzam a fadiga, o stress e os riscos para a saúde. A ISO 11064 está dividida em 7 partes, a saber:

Parte 1 – Princípios para o projeto de centros de controle: Como uma abordagem centrada no ser humano, o projeto começa com o operador. Os usuários finais participam do processo de design iterativo trabalhando com uma equipe de design interdisciplinar e fornecem análises de tarefas e links, além de informações de avaliação de risco que são documentadas como base do design. O objetivo é um design tolerante a erros, mas seguro.

Parte 2 – Princípios para a organização de conjuntos de controle: Com base nas informações obtidas na análise de tarefas, a metragem quadrada é estimada, as adjacências são determinadas e o espaço é planejado para facilitar todas as atividades alojadas na sala de controle.

Parte 3 – Layout da sala de controle: os princípios ergonômicos e a análise de tarefas e links orientam o layout dos arranjos das estações de trabalho, displays visuais fora da estação de trabalho e manutenção da sala de controle.

Parte 4 – Layout e dimensões dos postos de trabalho: as necessidades do operador e de outros usuários são o foco do projeto da estação de trabalho, utilizando princípios ergonômicos para determinar as dimensões gerais das estações de trabalho baseadas em display visual.

Parte 5 – Displays e controles: maximizar o uso seguro, confiável, eficiente e confortável de telas e controles gráficos é o objetivo da interface homem-máquina.

Parte 6 – Requisitos ambientais para centros de controle: o ambiente geral de uma sala de controle precisa ser otimizado para afetar positivamente o desempenho do operador. Iluminação, acústica, temperatura, umidade e vibração são fatores-chave que influenciam a conscientização do operador.

Parte 7 – Princípios para avaliação de centros de controle: a avaliação pós-ocupação, após um centro de controle estar instalado e funcionando, é a etapa final para determinar se o projeto foi bem-sucedido. Os operadores fornecem feedback valioso por estarem envolvidos no projeto desde o início. As lições aprendidas são avaliadas, documentadas e as recomendações de melhorias (se houver) são comunicadas.

A NUREG 700 define os fatores humanos como sendo um grupo de informações relacionadas com as habilidades, limitações e outras características humanas que são relevantes para o projeto de um sistema. A engenharia de fatores humanos busca por meio de experimentos em laboratórios, técnicas de simulação, obter dados sobre as características humanas com o objetivo de inserir esses dados no projeto de ferramentas, máquinas, sistemas, interfaces, equipamentos e salas de controle, para uso efetivo pelo ser humano em condições confortáveis e seguras. O total de requisitos, baseados na diretriz NUREG 700 (2002) são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade de requisitos de fatores humanos propostos

Categoria dos requisitos	Quantidade de requisitos
Arranjo de Painel	26
Exibição de Informações	6
Alarmes	8
Controles	7

Fonte: Próprio autor

A lista dos 47 requisitos, utilizando como referências as normas API-770, ISO 11064 e NUREG 700, é apresentada abaixo:

Arranjo de painel:

1. Controles e medidores relacionados devem ser localizados dentro da área de operação primária.
2. Controles e medidores funcionalmente relacionados devem ser agrupados quando são usados juntos para realizar tarefas relacionadas a uma função específica.
3. Controles e medidores devem ser agrupados quando são monitorados ou operados em uma sequência especificada.
4. Controles e medidores usados frequentemente devem ser localizados perto da área central de visão e operação dos operadores.
5. Linhas de demarcação devem ser usadas para cercar controles e medidores relacionados funcionalmente.
6. A cor das linhas de demarcação deve ser visualmente distinta da cor dos painéis.
7. Controles e medidores funcionalmente relacionados que serão monitorados devem estar localizados suficientemente perto para que um operador possa ler as informações claramente.
8. A configuração preferida é com o display acima de cada controle relacionado.
9. Duas ou mais fileiras de displays podem ser dispostas acima de uma única fileira de controles.
10. Múltiplos controles devem ser montados abaixo do display único.
11. Múltiplos controles devem ser agrupados em uma linha.
12. Múltiplos medidores devem estar localizados acima do controle único relacionado.
13. Múltiplos medidores devem ser dispostos horizontalmente.

14. Botões de pressão em uma fileira devem ser posicionados em uma ordem lógica, ou em uma ordem relacionada à sequência de operação.
15. Medidores e registradores de gráficos relacionados à mesma função devem ser agrupados juntos.
16. Arranjos de controles e medidores funcionalmente devem ser consistentes em todo o painel de controle.
17. Controles, medidores e outros itens de equipamento que devem ser localizados, identificados ou manipulados devem ser rotulados de maneira apropriada e clara.
18. Um esquema de rotulagem padronizado deve ser usado para reduzir a confusão e o tempo de busca do operador.
19. Rótulos adjacentes devem ser separados por espaço suficiente para que não sejam lidos como um único rótulo contínuo.
20. Os rótulos devem ser orientados horizontalmente para que possam ser lidos rapidamente da esquerda para a direita.
21. Os rótulos não devem cobrir nenhuma outra fonte de informação ou prejudicar as escalas que devem ser lidas pelo operador.
22. Os rótulos devem ser visíveis para o operador durante a atuação do controle.
23. Controles e medidores relacionados devem ser facilmente identificados.
24. Controles operados por chave devem ser claramente rotulados.
25. Registradores de gráficos devem conter um rótulo descritivo.
26. Os rótulos devem identificar o acesso aos painéis traseiros do painel de controle.

Exibição de informações:

1. Em medidores com escalas circulares, os valores da escala devem aumentar com o movimento do ponteiro no sentido horário.
2. Em medidores com escalas verticais retas, os valores das escalas devem aumentar com o movimento ascendente do ponteiro.
3. Em medidores com escalas horizontais retas, os valores das escalas devem aumentar com o movimento do ponteiro da esquerda para a direita.
4. O status do equipamento deve ser verificado por meio de um display.

5. Quando os usuários precisarem inserir dados numéricos, os teclados e displays devem estar próximos do operador.

6. Os displays devem ser agrupados quando forem observadas e operadas em uma sequência especificada.

Alarmes:

1. O sistema de alarme deve:

- Alertar o operador para o fato de que existe um desvio no sistema ou processo;
- Informar o operador sobre a prioridade e a natureza do desvio;
- Guiar a resposta inicial do operador ao desvio; e
- Confirmar, em tempo hábil, se a resposta do operador corrigiu o desvio.

2. Alarmes com displays devem ser agrupados por função, sistema ou outra organização lógica.

3. Os alarmes de grupos funcionais devem ser claramente delineados e identificados, de modo que a equipe de operação possa determinar facilmente quais sistemas têm alarmes que ainda não foram reconhecidos e qual sistema é afetado por um alarme específico.

4. Parâmetros de alarme (por exemplo, nível, fluxo, pressão e temperatura) dispostos em uma ordem específica em um painel devem ser dispostos na mesma ordem em outros painéis.

5. Cada grupo de display de alarme deve ser identificado por um rótulo acima do display.

6. Controles separados devem ser fornecidos para silenciar, reconhecer, redefinir e testar.

7. Os controles do sistema de alarme devem ser codificados de maneira distintiva para fácil reconhecimento.

8. Cada conjunto de controles do sistema de alarme deve ter as funções nas mesmas localizações relativas.

Controles:

1. A direção do movimento (aumentar, diminuir) deve ser identificada para controles rotativos de movimento contínuo.

2. A posição dos controles deve ser visível para os operadores, sem obscurecer os displays e medidores durante a operação do controle.

3. Para minimizar erros do operador, os movimentos do controle devem estar de acordo com os padrões intuitivos.
4. Controles usados para realizar a mesma função em sistemas diferentes devem ter o mesmo tamanho.
5. A cor dos controles deve contrastar com a cor dos painéis.
6. As configurações dos controles rotativos devem aumentar em valor com uma rotação no sentido horário.
7. Os controles rotativos devem girar no sentido horário para aumentar o valor do parâmetro. Os movimentos dos medidores associados devem ser: (a) Escalas lineares, para cima ou para a direita; (b) Displays digitais, aumentando o valor; (c) Ponteiros de medidores circulares, no sentido horário.

CONCLUSÕES

Erros humanos causaram diretamente ou contribuíram significativamente para muitos acidentes graves nas indústrias de processo. Diferentes setores reconhecem a importância de reduzir os erros humanos para aumentar a segurança, a produtividade e a qualidade dos seus processos de produção. Mas para melhorar o desempenho humano, os gestores precisam de aconselhamento específico sobre o que pode ser feito para ajudar a prevenir erros e reduzir a probabilidade de tais erros conduzirem a perturbações ou acidentes no processo. O objetivo deste estudo foi fornecer aos projetistas um conjunto de requisitos de fatores humanos compreensível para a avaliação das salas de controle em sondas de perfuração offshore. Esta lista de requisitos também pode ser utilizada por unidades de perfuração já em operação para orientar o estabelecimento de ações que serão futuramente executadas em paradas de operação em estaleiro ou conforme planejamento. A aplicação de um questionário utilizando esta lista de requisitos permite a incorporação da análise de confiabilidade humana nas atividades de gestão de segurança operacional. Ademais, a aplicação da lista de requisitos permite identificar fatores que afetam o desempenho humano, especialmente aqueles que os gestores podem controlar. Neste estudo, a lista de requisitos de fatores humanos possibilitará a identificação de problemas de projeto relacionados aos alarmes. De posse do resultado da verificação do atendimento a lista de requisitos será possível sugerir maneiras de reduzir erros humanos e identificar barreiras de segurança que podem ser incorporadas nas atividades de gestão de segurança

operacional. Para trabalhos futuros sugere-se a aplicação desta lista de requisitos, em formato de questionário, em uma unidade perfuração. Adicionalmente, sugere-se a aplicação da técnica do processo de hierarquia analítica (AHP - Analytic Hierarchy Process) para quantificar a gravidade e a prioridade dos problemas de projeto encontrados durante o processo de avaliação de fatores humanos para as tarefas críticas.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API). API 770 - A Management Guide to Reduce Human Errors Improving Human Performance in Process Industries. American Institute Petroleum API Publication 770, março, 2001.

ASLAN, J.F. Segurança: aspectos de segurança na cimentação de poços de petróleo. Disponível em: <<https://www.petroleoenergia.com.br/6041/>>. Acesso em 10, ago. 2023.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). (n.d.). Informações Sobre o Setor de Petróleo. Panoramas Setoriais 2030 – Petróleo e Gás. BNDES. Retrieved September 20, 2021. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/14243/2/Panoramas%20Setoriais%202030%20-%20Petr%C3%B3leo%20e%20G%C3%A1s_P.pdf. Acesso em 19, ago. 2023.

DANIELLOU, F.; SIMARD, M.; BOISSIÈRES, I. Fatores humanos e organizacionais da segurança industrial: um estado da arte. Toulouse: Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle; 2010.

FIGUEIREDO, M.G.; ALVAREZ, D.; ROTENBERG, L.; ADAMS, R.N. O acidente da plataforma de petróleo Deepwater Horizon após 12 anos: análise com foco na dimensão coletiva do trabalho e nos fatores organizacionais – ENSAIO. Cad. Saúde Pública 38 (12), 2022.

HUANG, F., LEE, Y., HWANG, S., YENN, T., YU, Y., HSU, C., HUANG, H. Avaliação experimental da interação humano-sistema no projeto de alarmes. Engenharia e Design Nuclear 237, 308– 315, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS (IBP). Relevância do Petróleo para o Brasil, 2019. Disponível em: <<https://www.ibp.org.br/noticias/estudo-mostra-importancia-do-setor-de-petroleo-e-gas-para-a-economia-do-brasil>>. Acesso em 18, ago. 2023.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 11064-1, Ergonomic design of control centres -- Part 1: Principles for the design of control centres, 2000.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 11064-2, Ergonomic design of control centres -- Part 2: Principles for the arrangement of control suites, 2000.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 11064-3, Ergonomic design of control centres -- Part 3: Control room layout, 1999.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 11064-4, Ergonomic design of control centres -- Part 4: Layout and dimensions of workstations, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 11064-5, Ergonomic design of control centres -- Part 5: Displays and controls, 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 11064-6, Ergonomic design of control centres -- Part 6: Environmental requirements for control centres, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 11064-7, Ergonomic design of control centres -- Part 7: Principles for the evaluation of control centres, 2006.

LE COZE, JC. Trente ans d'accidents: le nouveau visage des risques sociotechnologiques. Toulouse: Octarès, 2016.

LEPLAT, J.; TERSSAC, G. Les facteurs humains de la fiabilité dans le systèmes complexes. Toulouse: Octarès, 1990.

MAIA, N.; GAROTTI, L.; DUARTE, F.; JACKSON, M. Work Activity and the Workers designer Interactions: Sources for an Innovative Design. Proceedings of the Ninth International Symposium on Human Factors in Organizational Design and Management, Guarujá, Brazil, 2008.

SANTOS, I.J., GRECCO, C.H.; MOL, A.C.; CARVALHO, P.V. The use of questionnaire and virtual reality in the verification of the human factors issues in the design of nuclear control desk. *International Journal of Industrial Ergonomics* 39 (2009) 159–166, 2008.

SOARES, M.O.; TEIXEIRA, C.E.P.; BEZERRA, L.E.A.; et al. Oil spill in South Atlantic (Brazil): Environmental and governmental disaster. *Marine Policy*, 2020. Disponível em: [https:// doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103879](https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103879). Acesso em: 18 ago. 2023.

U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION. NUREG 700 Rev. 2. Human-System Interface Design Review Guideline, 2002.