

TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DE CONSCIÊNCIA SITUACIONAL NA AVALIAÇÃO DE INTERFACE ECOLÓGICA DE APOIO A OPERADORES SOB AVALANCHE DE ALARMES

EDUARDO NAVARRA SATUF¹, EUGENIUS KASZKUREWICZ², ROBERTO SCHIRRU²,
MARIO CESAR MELLO MASSA DE CAMPOS¹

¹*Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Engenharia Básica da Petrobrás (CENPES)*
Av. Horácio Macedo, 950, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro RJ – CEP 21941-915
E-mails: satuf@petrobras.com.br, mariocampos@petrobras.com.br

²*COPPE – Programa de Engenharia Nuclear, Universidade Federal do Rio de Janeiro*
Caixa Postal 68509, 21941-972, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
E-mail: eugenius@nacad.ufri.br, schirru@lmp.ufri.br

Abstract— Alarm summary interfaces are lists of chronologically sorted alarms used in oil producing supervision programs for decades. When a great number of alarms are activated in a small interval of time (an alarm flood), alarm summary ceases to be as useful to understand the process situation. New alarm systems and interfaces are necessary to support operators' decision when dealing with such alarm floods. Situational awareness (SA) is an important concept for process operators when making decisions. The application of Ecological Interface Design (EID) concepts can lead to better interface designs, especially in unanticipated situations. The aim of this work is to verify the usefulness of a new ecological alarm interface, called Advanced System of Intelligent Alarms (SAAI, the Portuguese acronym). SAAI displays alarms prioritised in real-time with relevant graphical information on process conditions. Professional operators' situational awareness is measured when using the SAAI interface, or the alarm summary interface, connected to a dynamic simulator running an oil production process. Although the new interface implied that operators would have to look also at an extra monitor, results show that their situation awareness improved on average, and that situation awareness might be less impaired under alarm floods.

Keywords— alarm flood, alarm interface, situational awareness, ecological interface design, process supervision

Resumo— Interfaces de sumário de alarmes são listas de alarmes ordenados cronologicamente usadas em programas de supervisão de produção de petróleo há décadas. Quando um grande número de alarmes são ativados em pequeno intervalo de tempo (uma avalanche de alarmes), o sumário de alarmes deixa de ser tão útil para entender a situação do processo. Novos sistemas e interfaces de alarmes são necessários para apoiar a decisão dos operadores nessas situações. Consciência situacional (CS) é um importante conceito no processo de tomada de decisões. A aplicação de conceitos de Projeto Ecológico de Interface (EID, sigla em inglês) pode levar a projetos melhores, especialmente em situações não previstas. O objetivo deste trabalho é verificar a utilidade de uma nova interface ecológica de alarmes chamada Sistema Avançado de Alarmes Inteligente (SAAI). SAAI exibe os alarmes priorizados em tempo-real com informação gráfica relevante sobre as condições de processo. A CS de operadores profissionais é medida enquanto usam a interface SAAI, ou a interface de sumário de alarmes, conectada a um simulador dinâmico executando um processo de produção. Embora a nova interface implique que operadores tenham que olhar para um monitor extra, os resultados mostram, em média, uma melhora na CS, e que esta poderia sofrer menor impacto sob avalanche de alarmes.

Palavras-chave— avalanche de alarmes, interface de alarmes, consciência situacional, projeto ecológico de interface, supervisão de processos

1 Introdução

Quando o sistema de supervisão e controle de um processo detecta uma anomalia que pode levar a uma perda de controle, ativa um alarme para chamar a atenção do operador. Operadores, então, devem estar treinados para reagir apropriadamente ao alarme – e um alarme só faz sentido se o operador tiver tempo suficiente para atendê-lo (EEMUA, 2007). Algumas vezes, muitas anomalias ocorrem concorrentemente – algumas independentes das outras, algumas em consequência de outras. Nessa situação, a ativação de alarmes pode ser mais rápida do que a capacidade dos operadores de responder a eles caracterizando uma avalanche de alarmes (EEMUA, 2007).

Uma prioridade pode ser definida para cada alarme, durante o projeto, e pode ser representada por uma cor respectiva. Conforme Walker et al. (2014), a priorização de alarmes pode afetar a carga de trabalho sobre o operador, daí sua importância.

Quando operando sob uma avalanche de alarmes, a interface de sumário de alarmes pode prejudicar a resposta adequada do operador (Laberge et al., 2014). Por causa do grande número de alarmes, da taxa em que os alarmes são exibidos, e do pouco tempo disponível para responder a todos os alarmes, os operadores ficam incapazes de ler os alarmes e de lidar com eles. O sumário de alarmes deixa de ter tanta utilidade, e a avalanche pode levar a que os operadores não tenham uma “consciência situacional” suficiente do processo e, assim, prejudicar suas decisões e comprometer a eficiência e a segurança.

Alarm ID	Description	Timestamp
TAM123318	GLICOL NO REBOILER	10:17:27.71 12-FEB-2015
PALL1223298	LL - SG-122301-B	10:17:27.71 12-FEB-2015
ALM_QUEIMAGAS	VALVULA PV1223777 ABRINDO QUEIMA DE GAS	10:17:27.71 12-FEB-2015
YLM511102A	BOMBA DA DESAERADORA B511102A PARADA	10:17:27.71 12-FEB-2015
TCPARAD023	BOIS OU MAIS TCS PARADOS	10:17:26.71 12-FEB-2015
FAH1251104A	PRESSAO ALTA OLEO LUB. BB INJ. AGUA A	10:17:26.71 12-FEB-2015
FAH1251104B	PRESSAO ALTA OLEO LUB. BB INJ. AGUA B	10:17:26.71 12-FEB-2015
FAH1251104C	PRESSAO ALTA OLEO LUB. BB INJ. AGUA C	10:17:26.71 12-FEB-2015
FAH1251104D	PRESSAO ALTA OLEO LUB. BB INJ. AGUA D	10:17:26.71 12-FEB-2015
FAH1251104E	PRESSAO ALTA OLEO LUB. BB INJ. AGUA E	10:17:26.71 12-FEB-2015
CHAM1B_DET	Forno B Chama 1 Apagada	10:17:26.71 12-FEB-2015
CHAM2_DET	Forno B Chama 2 Apagada	10:17:26.71 12-FEB-2015
CHAM3_DET	Forno B Chama 3 Apagada	10:17:26.71 12-FEB-2015
CHAM4B_DET	Forno B Chama 4 Apagada	10:17:26.71 12-FEB-2015
CHAM5B_DET	Forno B Chama 5 Apagada	10:17:26.71 12-FEB-2015
CHAM6_DET	Forno B Chama 6 Apagada	10:17:26.71 12-FEB-2015
FALHA1PEPROC	FALHA COMUNICACAO TCP/IP CPU PROCESSO	10:17:26.71 12-FEB-2015
FALHA1PELAST	FALHA COMUNICACAO TCP/IP CPU LASTRO	10:17:26.71 12-FEB-2015
FALHA1PEFG	FALHA COMUNICACAO TCP/IP CPU FOGOGAS	10:17:26.71 12-FEB-2015
FALHA1PELEST	FALHA COMUNICACAO TCP/IP CPU ELETRICA	10:17:26.71 12-FEB-2015
FALHA1PEPROC	FALHA COMUNICACAO TCP/IP CPU PROCESSO	10:17:26.71 12-FEB-2015
FALHA1PELAST	FALHA COMUNICACAO TCP/IP CPU LASTRO	10:17:26.71 12-FEB-2015
FALHA1PEFG	FALHA COMUNICACAO TCP/IP CPU FOGOGAS	10:17:26.71 12-FEB-2015
FALHA1PELEST	FALHA COMUNICACAO TCP/IP CPU ELETRICA	10:17:26.71 12-FEB-2015
BAL5125101B	CHAMA APAGADA NO FORNO 01B	10:17:26.70 12-FEB-2015
BLOCO_ESD	PERDA DE BLOCO - ESD	10:17:26.70 12-FEB-2015
YLMUC122301B1	UC122301B PARADO PRESSURIZADO	10:17:25.70 12-FEB-2015
ZSL541200	FALHA VALVULA SISTEMA DA TOCHA	10:17:25.70 12-FEB-2015
ZSL541202	FALHA VALVULA SISTEMA DA TOCHA	10:17:25.70 12-FEB-2015
YLMUC122301A1	UC122301A PARADO PRESSURIZADO	10:17:25.70 12-FEB-2015
TAM512404	TEMPERATURA ALTA SIST.AGUA RESFRIAMENTO	10:17:25.70 12-FEB-2015
PALL122337	SEPARADOR DE TESTE (SG-122302)	10:17:25.70 12-FEB-2015
PALL121009	PRESSAO BAIXA NO HEADER HIDRAULICO LP	10:17:25.70 12-FEB-2015
PALL122316	HEADER DE TESTE	10:17:25.70 12-FEB-2015
PALL122351B	DESCARGA B-122301-B (TRANSF. B)	10:17:25.70 12-FEB-2015
PALL122351C	DESCARGA B-122301-C (TRANSF. C)	10:17:25.70 12-FEB-2015
PALL122351D	DESCARGA B-122301-D (TRANSF. D)	10:17:25.70 12-FEB-2015
PALL122351E	DESCARGA B-122301-E (TRANSF. E)	10:17:25.70 12-FEB-2015

Figura 1 – Ilustração de interface de sumário de alarmes

“Consciência situacional” (CS), conforme a definição de Endsley (1995), “é a percepção dos elementos de um ambiente (em um período de tempo e em um volume de espaço), a compreensão de seus significados, e a projeção de seus estados no futuro próximo”. Três níveis podem ser identificados nessa definição: (1) o nível da percepção; (2) o da compreensão; e (3) o da projeção (previsão). A CS tem um importante papel na tomada de decisão em ambientes dinâmicos como na supervisão e controle de processos.

Interfaces de alarmes devem ajudar os operadores a entender as anomalias no processo representadas por um conjunto de alarmes, e ajudar na tomada de decisão sobre qual alarme deve ser respondido prioritariamente.

Burns et al. (2008) mostram que interfaces projetadas sob a abordagem de “projeto de interface ecológica” (do inglês, *Ecological Interface Design* – EID) suportam a CS e têm melhor desempenho do que interfaces tradicionais, especialmente em situações não previstas, seja pelos projetistas, seja pelos autores de procedimentos. Não há razão para acreditar que seria diferente em outras aplicações no mesmo domínio de “controle e supervisão de processo” (por exemplo, Jamieson (2007)).

Com a finalidade de manter a consciência situacional do operador de processo durante avalanches de alarmes, foi desenvolvido o Sistema Avançado de Alarmes de processo Inteligente (SAAI). A interface do SAAI foi projetada tendo como referência a abordagem EID. O SAAI foi desenvolvido na UFRJ/COPPE, em convênio com a Petrobras.

Como parte de uma pesquisa sobre interface de alarmes e EID, experimentos para avaliar a CS de operadores profissionais usando o SAAI foram executados em um ambiente de simulação dinâmica de processo chamado AmbTrei (acrônimo para Ambiente de Treinamento de Operadores de Produção). Esses experimentos estão relatados em (Satuf, 2016),

e em (Satuf et al., 2016), dos quais o presente trabalho é um resumo.

2 Materiais e Métodos

2.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é a avaliação do uso de interfaces ecológicas como solução para o problema da perda de consciência situacional pelo operador de processo ante uma avalanche de alarmes.

A consciência situacional de operadores é avaliada em duas situações: usando apenas a interface existente de sumário de alarmes (tal como é usada em plataformas semissubmersíveis de produção de óleo); e usando uma nova interface de alarmes. Essa nova interface foi implementada como parte do Sistema Avançado de Alarmes Inteligente, ou SAAI.

2.2. Interface de sumário de alarmes

Quando um alarme é ativado, é indicado nas janelas de operação, e um respectivo texto descritivo do alarme é exibido numa subjanela de alarme. Somente o alarme mais recentemente ativado é visto na subjanela de alarme.

Para ver todos os alarmes ativos (reconhecidos ou não), o operador abre uma janela com uma lista de alarmes – o sumário de alarmes (Figura 1). Nesse sumário, os alarmes podem ser ordenados cronologicamente, por prioridade ou por tag. Uma vez ativado, o alarme é mostrado no sumário de alarmes até que o alarme seja reconhecido pelo operador e até que a respectiva condição seja normalizada (em alguns casos, o alarme é reconhecido automaticamente).

Há dois conjuntos de alarmes: alarmes para sinais de parada do processo; e alarmes de desvio de uma variável de processo para além dos limites de projeto (que são os alarmes mais frequentes durante a operação). Os alarmes de sinal de parada tem prioridade 1 (a mais alta) quando ativados. Quando são reconhecidos, a prioridade 3 é atribuída para os alarmes de parada. Os alarmes de desvio tem prioridade 2 quando ativados, e a prioridade 4 é atribuída a eles quando são reconhecidos.

Quando ordenados por prioridade, os alarmes não reconhecidos são exibido no topo, acima dos alarmes reconhecidos. Em cada grupo, os alarmes mais recentes vêm primeiramente. Não é incomum que muitos alarmes estejam ativos simultaneamente ao longo de várias páginas de tela (como numa avalanche). Como os alarmes de desvio tem a mesma prioridade após o reconhecimento, há pouca informação para selecionar qual deve ser o primeiro a ser respondido durante a operação, especialmente quando uma avalanche de alarmes ocorre.

2.3. O novo sistema de alarmes

Um novo sistema de alarmes, o Sistema Avançado de Alarmes Inteligente (SAAI), foi desenvolvido. O principal objetivo do SAAI é auxiliar o operador a

decidir, quando ante uma avalanche de alarmes, a qual alarme responder primeiramente e qual ação tomar.

O SAAI prioriza dinamicamente os alarmes, em tempo-real, à medida que os alarmes ocorrem, de acordo com o respectivo tempo de resposta disponível (TRD, conforme definido em (ANSI/ISA, 2009)), e de acordo com o respectivo impacto da anomalia. Os alarmes são exibidos em ordem de prioridade de tempo-real e com gráficos de variáveis de processo relacionadas para dar uma visão mais holística das condições do processo. A ordenação e os gráficos de variáveis de processo visam apoiar o processo de decisão do operador.

SAAI é dito ser “avançado” por trabalhar como complemento do programa de supervisão e operação (o programa supervisório), e “inteligente” porque pode processar logicamente a informação (variáveis e alarmes) vinda do supervisório (Satuf et al., 2014).

Devem ser configurados no SAAI os alarmes mais frequentes e os que representam maior perigo. Cada alarme é configurada com uma prioridade básica (“baixa”, “média”, “alta” ou “crítica”). Em tempo-real, a prioridade básica do alarme, quando ativado, é mapeada para uma prioridade numérica de acordo com o tempo restante para resposta (TRR) e o impacto do alarme. Inicialmente, $TRR = TRD$. A medida em que o TRR diminui, a prioridade de tempo-real (PTR) aumenta, de forma que, quando outro alarme de mesma prioridade básica for ativado, será possível distinguir qual dos dois é mais prioritário naquele momento pela PTR.

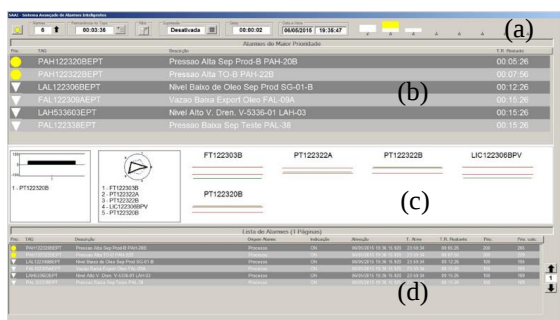


Figura 2 – Ilustração da interface do SAAI:
(a) Informações auxiliares
(b) Alarmes mais importantes destacados
(c) Gráficos de desvio, polar, de tendência
(d) Lista dos alarmes ativos no SAAI

Operadores frente uma avalanche de alarmes podem não atentar para o sumário de alarmes e se voltarem para as telas de operação, navegando pelo processo, tentando entender o cenário. A interface SAAI, mostrada na Figura 2, é projetada para ajudar operadores nessa situação, uma vez que podem consultar uma única janela e ver a informação necessária para entender as condições do processo e tomar uma decisão.

A interface gráfica abrange três seções principais (Satuf et al., 2014):

a) a seção superior, mostrando os sete alarmes mais importantes no momento, priorizados em tempo-real. Note-se que esses alarmes são ordenados pela prioridade de tempo-real, não cronologicamente: um alarme recém ativado pode ganhar a posição de topo ou não, dependendo de sua PTR calculada;

b) a seção central, que mostra informação gráfica, especialmente gráficos de tendência, relacionada ao alarme mais prioritário (o alarme de topo); e

c) a seção inferior, mostrando a lista completa de alarmes ativos no SAAI.

Não há comando de reconhecimento. Um alarme é exibido enquanto está ativo, isto é, enquanto a respectiva condição não está normal. Uma vez que as condições do alarme sejam normalizadas, o alarme é retirado da interface SAAI (mesmo que possa estar ainda sendo mostrado no sumário de alarmes, se não tiver sido reconhecido). O SAAI foi concebido para trabalhar conectado ao programa de supervisão existente – o SAAI não é uma interface de operação, é uma interface de monitoramento para exibir alarmes de processo.

É também possível mostrar informação gráfica para qualquer alarme, além do alarme de topo. Quando algum alarme é selecionado pelo operador (pelo *mouse*), a informação gráfica desse alarme é exibida ao lado da janela principal, sem esconder qualquer informação importante.

2.4. Medição da consciência situacional

Versões adaptadas de duas técnicas de medição de consciência situacional foram usadas para avaliação de um protótipo da interface do SAAI e da interface de sumário de alarmes. A Técnica de Estimativa Global de Consciência Situacional – SAGAT (Salmon et al., 2009), e a Técnica de Avaliação de Consciência Situacional – SART (Kennedy, e Durbin, 2005). Essas são os dois métodos mais populares na literatura pertinente para medir a consciência situacional (Salmon et al., 2009).

Adicionalmente, dois questionários para avaliar a interface propriamente dita foram submetidos aos operadores: SART de Compatibilidade Cognitiva – CC-SART (Taylor, 1996), e um questionário proposto, “cs3” (questionário de consciência situacional – modelo de três níveis).

2.4.1. SAGAT

A medição SAGAT é uma técnica de sondagem durante uma suspensão da tarefa baseada em parar uma simulação do processo (“congelando” o processo) e submetendo um questionário aos operadores, avaliando todos os níveis de consciência situacional (Salmon et al., 2009). Os operadores devem não olhar para a interface enquanto respondem ao questionário. Eles respondem baseados em sua consciência situacional tal como estava imediatamente antes da parada da simulação. Uma variante simplificada da SAGAT foi usada: a simulação foi interrompida

somente uma vez, isto é, não houve retomada após o congelamento da simulação.

O questionário é preparado especificamente para cada tarefa. Para esta pesquisa, um questionário de cinco questões é aplicado: quatro questões de múltipla-escolha e uma questão aberta (a quarta). A percepção é avaliada pelas questões 1 e 2; a compreensão, pelas questões 3 e 4; e a quinta questão refere-se à capacidade de previsão (projeção).

2.4.2. SART

Outra técnica usada, a SART, foi desenvolvida como uma técnica de avaliação subjetiva de consciência situacional.

Três componentes são examinados sob a SART: a demanda (D) e o suprimento (S) de recursos de atenção, e o entendimento (U). Esses componentes abrangem dez dimensões, resultando no questionário SART 10-D. O questionário SART submetido aos operadores participantes é baseado em Kennedy, e Durbin (2005).

A Fórmula (1) expressa a consciência situacional, sendo U o somatório do entendimento (*understanding*), D, o somatório da demanda, e S, o somatório do suprimento (Kennedy, e Durbin, 2005).

$$SA = U - (D - S) \quad (1)$$

2.4.3. CC-SART

O questionário SART de Compatibilidade Cognitiva (CC-SART) é de autodeclaração e subjetivo. Compatibilidade cognitiva (CC) é a exibição de informação de uma forma que seja consistente com os processos mentais, “no sentido mais amplo” (Taylor, 1996). Em outras palavras, a exibição deve ser compatível com a cognição do operador.

Existem três dimensões principais para a compatibilidade cognitiva (Taylor, 1996):

a) Nível de Processamento (*Level of Processing* – LoP): um grau entre “baixo” para processamento mental natural e automático, e “alto” para o processamento analítico e abstrato;

b) Facilitação do Raciocínio (*Ease of Reasoning* – EoR): um grau entre confuso e contraditório (“baixo”), ou direto e claro (“alto”); e

c) Ativação do Conhecimento (*Activation of Knowledge* – AoK): um grau entre incomum (“baixo”) e familiar (“alto”).

A Fórmula (2) é usada para encontrar a CC da interface sendo usada com os processos mentais do operador

$$CC = AoK + EoR - LoP \quad (2)$$

2.4.4. CS3

O método proposto, cs3, é também subjetivo e auto-declaratório. O questionário cs3 tem alguma semelhança com o questionário CARS (*Crew Awareness Rating Scale*) (Gawron, 2008), porém, o cs3 foi de-

envolvido de maneira independente e foi respondido numa escala de concordância. O cs3 pretende apreender o quanto o operador concorda que uma dada interface ajudaria na percepção de novos alarmes, na percepção de variáveis relevantes, na compreensão da situação, e na capacidade de prever a evolução do processo (projeção). Cada questão é respondida duas vezes, de forma que o operador considere cada situação: operação sem avalanche de alarmes, e operação sob a ocorrência de uma avalanche de alarmes. Essas respostas são normalizadas.

Podem ser calculadas, então, a pontuação cs3 para a operação normal, e a pontuação cs3 para a operação sob avalanche de alarmes. Cada pontuação cs3 é a respectiva média dos pontos para o nível 1 (que é uma média entre as duas primeiras questões), para o nível 2 e para o nível 3 da consciência da situação.

2.5. Ambiente para o experimento

Os experimentos tiveram lugar durante cursos de reciclagem dados ao longo de cinco dias em uma instalação de simulação dinâmica chamada AmbTrei (Ambiente de Treinamento para Operadores de Processo de Produção) (Pereira et al., 2009). A manhã do quarto dia foi escolhida para garantir que todos os operadores já estivessem familiarizados como o ambiente do simulador. No AmbTrei, há uma sala de controle central, emulando o arranjo e as estações de operação (incluindo equipamento de comunicação) de uma sala de controle de uma plataforma de produção, e uma sala do instrutor, com computadores para executar o programa de simulação e a estação do instrutor para iniciar e controlar a sessão de simulação.

A interface de operação é a interface real de operação, não uma emulação. O instrutor também faz o papel de operador de campo – por exemplo, o instrutor pode abrir e fechar válvulas manuais na planta.

2.6. Participantes do experimento

Operadores profissionais participaram desta pesquisa. Considerando os operadores experientes (com ao menos três anos de experiência em supervisão de processo em unidades de produção marítimas), vinte operadores responderam individualmente aos questionários: dez deles responderam para a interface de sumário de alarmes; os outros dez, para a interface do SAAI. O grupo do sumário de alarmes tem uma média de 14,2 anos de experiência profissional em geral (desvio padrão de 10,0) e 11,8 anos (desvio de 6,4) com programas de supervisão (experiência com o supervisorio); e o grupo do SAAI tem médias de 17,5 e 9 anos respectivamente (desvios de 9,5 e 5,9).

2.7. Projeto do experimento

Um cenário específico, similar a um usado durante o treinamento de operadores (Pereira et al., 2010), foi escolhido com a ajuda de instrutores do AmbTrei

para realizar a avaliação. O SAAI foi configurado de acordo com o cenário escolhido.

O cenário é executado por equipes de três participantes, operando o programa de supervisão com o sumário de alarmes, ou com a interface do SAAI, uma equipe de cada vez.

O cenário constitui-se de iniciar a produção de um dos trens da planta de produção da plataforma, com o outro trem já operando. Uma situação de alarme de pressão alta (PAH) é forçada pelo instrutor, sem que os operadores tenham conhecimento prévio. Vários outros alarmes estão ativos pelas condições iniciais do processo, mais do que poderia ser exibido em uma única janela do sumário de alarmes. A resposta esperada dos operadores é reconhecer o alarme de pressão alta e solicitar ao “operador de campo” que verifique as condições da planta.

O alarme PAH é configurado no SAAI de forma a exibir os gráficos de tendência de variáveis relevantes relacionadas ao alarme (pressão, vazão e nível em pontos de interesse).

2.8. Procedimento experimental

Antes de cada sessão experimental, uma breve apresentação é feita aos operadores sobre o escopo da pesquisa e os objetivos do experimento, o modelo de três níveis de consciência situacional, a interface do SAAI e uma explicação sobre os questionários a serem respondidos. Os operadores poderiam participar de somente um ensaio, não haveria oportunidade de ter uma nova sessão com a mesma equipe de operação. Após a apresentação, os operadores são divididos em duas equipes. Os experimentos são executados pelos dois grupos, enfatizando que a participação é voluntária e anônima, e que não se mede o desempenho dos operadores (não é para “nota”), mas se avalia o desempenho da interface sendo usada.

O cenário é operado por cada grupo até a ocorrência do alarme de pressão alta (PAH) e seu reconhecimento pelos operadores, quando o cenário é

interrompido. Depois da interrupção, os operadores ficam de costas para os monitores e respondem aos questionários aplicados – SAGAT, SART, CC-SART e cs3, nesta ordem. Embora a interface de sumário de alarmes estivesse sempre disponível, já que é parte do programa supervisor, é pedido aos operadores que não a usem e que mantenham a respectiva janela fechada quando o SAAI está ativo, de forma a não desviar a atenção.

Uma pontuação ou “grau” (normalizado entre 0-100%) foi atribuído a cada questionário SAGAT, de acordo com o número de respostas corretas. Cada resposta foi considerada ou correta ou incorreta.

Para a versão aplicada dos questionários SART e CC-SART, as respostas foram dadas numa escala de cinco pontos desde “baixo” até “alto”. As pontuações SART e CC foram normalizadas na escala 0-100% para serem comparáveis a outros relatórios.

O questionário cs3 é respondido por último, e sua pontuação também é normalizada.

3. Resultados da Avaliação e Discussão

A Tabela 1 apresenta um sumário de todos os resultados (consolidados) para as médias de consciência situacional e o número de questionários com pontuação mínima de 50% para cada interface e para cada técnica. Vale notar que a interface SAAI apresenta melhores resultados em todos os métodos, o que empresta consistência aos resultados.

O questionário SAGAT aplicado, a versão simplificada de uma única interrupção, mostrou uma melhor consciência situacional global para a interface SAAI, com maior dispersão. No grupo do SAAI, 6 questionários tiveram ao menos três acertos das cinco questões; no grupo do sumário de alarmes, 4 questionários pontuaram ao menos 50%.

Tabela 1- Pontuação para cada medição da consciência situacional

Técnica	Interface Sumário de Alarmes			Interface SAAI		
	Média	DP	#Min50%	Média	DP	#Min50%
SAGAT aplicado	44%	25%	4	56%	30%	6
SART aplicado	51%	17%	4	58%	15%	8
CC-SART aplicado	45%	21%	6	61%	18%	9
cs3 Operação Normal	46%	19%	5	62%	30%	7
cs3 Avalanche de Alarmes	15%	15%	0	55%	30%	5

Nota: DP = desvio-padrão; #Min50% = quantidade de resultados $\geq 50\%$.

O SART adaptado mostra melhor desempenho para interface SAAI na média geral. A diferença menor nos valores médios percentuais (51% e 58% na Tabela 1) pode ser creditada, pelo menos em par-

te, à novidade da interface SAAI, apresentada aos participantes no início da sessão experimental, ao passo que o sumário de alarmes já era conhecido.

O melhor desempenho da interface SAAI sob o CC-SART (e sob as outras técnicas) pode ser creditado à aplicação de conceitos de Projeto Ecológico de Interface (EID), entre outros fatores. Interfaces ecológicas podem melhorar a consciência situacional durante situações não previstas (Burns et al., 2008). Embora cada alarme seja ativado para uma situação prevista, o contexto da situação não pode ser completamente conhecido previamente, nem a combinação de alarmes. Assim, conceitos de EID são de particular interesse.

A diferença em favor da interface SAAI na pontuação CC-SART foi maior que a diferença encontrada ao aplicar o SART. Isso pode ser efeito do objetivo do CC-SART, que é medir propriedades da interface (a compatibilidade cognitiva da interface com os processos mentais do operador, em oposição à consciência situacional do operador propriamente dita).

Os resultados para o questionário cs3 são coerentes com os resultados CC-SART: a interface SAAI pontua melhor em ambos. Os resultados do cs3 mostram que a interface SAAI poderia evitar uma perda significativa de consciência situacional que ocorre durante a operação sob uma avalanche de alarmes, que é exatamente o objetivo do SAAI.

4. Conclusão

Tanto quanto sabemos, esse experimento relatado é o primeiro executado no âmbito da indústria de petróleo brasileira usando um simulador dinâmico e com a participação de operadores profissionais.

A avaliação de projetos de interface não é uma tarefa fácil (Wu et al., 2015), mas é importante – a vontade dos operadores em participar mostra que há bastante espaço para a melhoria de interfaces de alarmes.

Futuras pesquisas devem incluir questionários SAGAT com múltiplas paradas, mais submissões dos questionários SART e CC-SART a fim de validar as adaptações feitas, e melhorias ao proposto questionário cs3 para avaliar a consciência situacional sob avalanche de alarmes.

O reduzido número de participantes (n=10 para cada interface) não permite qualquer conclusão estatisticamente confiável. Porém, os resultados apresentados indicam uma melhoria qualitativa, e o projeto ecológico de interface (EID) parece ser uma abordagem promissora, que merece ser mais investigada e desenvolvida. O projeto da interface SAAI deve evoluir explorando a abordagem da EID.

Agradecimentos

Esta pesquisa é patrocinada pela Petrobras. Os autores agradecem à equipe de desenvolvimento do SAAI; aos alunos e operadores, instrutores e equipe de apoio do AmbTrei (SENAI); e aos colegas que contribuíram para o desenvolvimento do SAAI.

Referências Bibliográficas

- ANSI/ISA - American National Standards Institute/International Society of Automation. **ANSI/ISA 18.2 - Management of Alarm Systems for the Process Industries**. 2009.
- Burns, C.M.; Skraaning Jr., G.; Jamieson, G.A.; Lau, N.; Kwok, J.; Welch, R.; and Andresen, G. Evaluation of ecological interface design for nuclear process control: situation awareness effects. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, v. 50, n. 4, p. 663-679, 2008.
- EEMUA – Engineering Equipment and Materials Users Association. **Alarm Systems – A Guide to Design, Management and Procurement**, EEMUA, 191. 2007.
- Endsley, M.R. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, v. 37, n. 1, p. 32-64, 1995a.
- Gawron, V.J. **Human performance measures handbook**. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2008.
- Jamieson, G.A. Ecological interface design for petrochemical process control: An empirical assessment. *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, IEEE Transactions on, v. 37, n. 6, p. 906-920, 2007. (doi: 10.1109/TSMCA.2007.897583)
- Kennedy, J.S.; Durbin, D.B. **Human Factors Assessment of the UH-60M Crew Station During the Early User Demonstration Number 2 (EUD2)**. Army Research Lab Aberdeen Proving Ground MD, 2005.
- Laberge, J.C.; Bullemer, Peter; Tolsma, Mischa; and Reising, Dal Vernon C. Addressing alarm flood situations in the process industries through alarm summary display design and alarm response strategy. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 44, n. 3, p. 395-406, 2014. (doi:10.1016/j.ergon.2013.11.008)
- Pereira, A.C.; Riera, A.; Padilla, G.; Musulin, E.; and Nakamura, N. J. Operator trainer system for the Petrobras P-26 semi-submersible oil and gas production unit. *Computer Aided Chemical Engineering*, v. 27, p. 1959-1964, 2009.
- Pereira, A.C.; Alves, J.L.L.; and Buccazio, P.E. **Simulação de Operação de Produção de Petróleo**. 2nd. edition. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), Departamento Regional do Rio de Janeiro, 2010.
- Salmon, P.M.; Stanton, N.; Walker, G.; and Damian, G. Measuring Situation Awareness in complex systems: Comparison of measures study. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 39, n. 3, p. 490-500, 2009. (doi:10.1016/j.ergon.2008.10.010)
- Satuf, Eduardo N. **Utilização de Técnicas de Medição de Consciência Situacional para Avaliar Interface Ecológica de Alarmes**. (Tese de Doutorado). COPPE, UFRJ, 2016.
- Satuf, Eduardo N.; Campos, Mario Cesar M. M. de; and Schirru, Roberto. Filtrando e Priorizando Alarmes em Tempo-Real: Sistema Avançado de Alarmes Inteligentes (SAAI). *Annals of XX Brazilian Congress on Automation*, Belo Horizonte, September, 2014.
- Satuf, Eduardo N.; Kaszkurewicz, Eugenius; Schirru, Roberto; and Campos, Mario C. M. M. de. Situation awareness measurement of an ecological interface designed to operator support during alarm floods. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 53, 179-192. 2016.
- Taylor, R.M. Cognitive requirements in aircrew systems design. In: Hayward, Brent J.; Lowe, Andrew R. (Eds.). **Applied aviation psychology: Achievement, change and challenge**. Proceedings of the Third Australian Aviation Psychology Symposium. Gower Technical. Aldershot: Avebury. 1996.
- Walker, G.H.; Waterfield, S.; and Thompson, P. All at sea: An ergonomic analysis of oil production platform control rooms. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 44, n. 5, p. 723-731, 2014. (doi: 10.1016/j.ergon.2014.08.001)
- Wu, X.; Yuan, X.; Zhizhong, L.; Song, F.; and Sang, W. Validation of “alarm bar” alternative interface for digital control panel design: A preliminary experimental study. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2015 (in press). (doi: 10.1016/j.ergon.2014.11.002)