



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO – CECAU**



RÔMULO DA COSTA BRAZIL BASTOS

**INTERFACES HOMEM-MÁQUINA DE ALTA PERFORMANCE
ANÁLISE DE APLICAÇÃO JUNTO À NORMA IEC 63303**

**OURO PRETO - MG
2021**

RÔMULO DA COSTA BRAZIL BASTOS

**INTERFACES HOMEM-MÁQUINA DE ALTA PERFORMANCE
UMA ANÁLISE DO PADRÃO IEC 63303**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Luiz Rogério de Freitas Júnior
Coorientador: José Alberto Naves Cocota Júnior

OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS – UFOP
JUNHO/2021

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

B327i Bastos, Romulo da Costa Brazil .
Interfaces homem-máquina de alta performance uma análise do
padrão IEC 63303. [manuscrito] / Romulo da Costa Brazil Bastos. - 2021.
56 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Me. Luiz Rogério de Freitas Júnior.
Coorientador: Prof. Dr. José Alberto Naves Cocota Júnior.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Controle e Automação .

1. Interface Homem Máquina (IHM). 2. Automação. 3. Engenharia. 4.
Padrão IEC 63303. I. Cocota Júnior, José Alberto Naves. II. Freitas Júnior,
Luiz Rogério de. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 681.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CONTROLE E AUTOMACAO



FOLHA DE APROVAÇÃO

Rômulo da Costa Brazil Bastos

Interfaces Homem-Máquina de Alta Performance – Análise de Aplicação Junto à Norma IEC 633303

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação

Aprovada em 17 de junho de 2021

Membros da banca

MSc. - Luiz Rogério de Freitas Júnior - Orientador (Vale)
DSc. - José Alberto Naves Cocota Júnior - Coorientador (UFOP)
DSc. - Paulo Marcos de Barros Monteiro - (UFOP)
MSc. - Regiane de Souza e Silva Ramalho - (UFOP)

Luiz Rogério de Freitas Júnior, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 22/06/2021



Documento assinado eletronicamente por **Jose Alberto Naves Cocota Junior, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/06/2021, às 16:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0185497** e o código CRC **84E07AB7**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.005988/2021-23

SEI nº 0185497

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000
Telefone: 3135591533 - www.ufop.br

*Este trabalho é dedicado às crianças adultas que,
quando pequenas, sonharam em se tornar cientistas.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha mãe, Maria Rosimeri da Costa Brazil, por ter vivido esse sonho junto comigo e por ter dedicado sua vida aos seus filhos. Ao meu irmão, Diego Brasil Moreira, por toda confiança ao longo dos anos. Ao Herlandi da Silva, por todo apoio e incentivo nessa jornada. À Ana Carolina Simões, por todo amor e carinho. Aos professores da Universidade Federal de Ouro Preto, em especial, José Alberto Naves Cocota Júnior, meu coorientador. Aos amigos que sempre me apoiaram independentemente de qualquer coisa e, por fim, ao meu orientador, Luiz Rogério de Freitas Júnior.

RESUMO

A automação das indústrias se faz necessária para a otimização de tempo, ergonomia de trabalho e *performance* de resultados. Uma das ferramentas mais importantes deste processo são as *interfaces homem-máquina*, que se destinam à operação de outros equipamentos e interpretação rápida de dados. Atualmente, há o desenvolvimento de *interfaces* que não levam em conta parâmetros como objetividade de informações, limitações humanas e design no momento de sua criação. A aplicação de normativas redigidas pelo comitê da ISA – International Society of Automation – contribui para ambientes de processos mais seguros e produtivos e, recentemente, a norma IEC 63303 – *Interfaces Homem-Máquina* para sistemas de automação de processos – trouxe um padrão para prevenção de erros operacionais, acidentes, falhas e melhora de produtividade no uso de *interfaces*. Este trabalho de conclusão de curso aborda uma análise dos tópicos propostos pela norma que, através de um grupo multidisciplinar composto por profissionais da indústria, desenvolvedores, fabricantes e acadêmicos, propôs um padrão de criação de *IHM*, objetivando aumentar a oportunidade dos usuários de trabalhar com eficiência, e sendo dirigido aos que usam, projetam, desenvolvem e implementam sistemas *IHM*.

Palavras-chaves: IHM, interfaces homem-máquina, IEC 63303, automação, engenharia.

ABSTRACT

The automation of industries is necessary for the optimization of time, ergonomic work and *performance* results. One of the most important tools in this process is the human-machine interfaces that are intended for the operation of other equipment and rapid interpretation of data. Currently, some parameters, such as information objectivity, human limitations, and design, are not taken into consideration at the time of their creation. The application of norms written by the committee of ISA - International Society of Automation, contributes to the safety and productivity of the process environments, and recently the IEC 63303 standard – Human-Machine Interfaces for Process Automation Systems, brought a standard for prevention of operational errors, accidents, failures, and productivity improvement in the use of interfaces. This course conclusion work approaches an analysis of the topics proposed by standard, which through a multidisciplinary group composed by industry professionals, developers, manufacturers and academics proposed a HMI design standard, aiming to increase the users opportunity to work efficiently, and being directed to those who use, design, develop and implement HMI systems.

Key-words: HMI, human-machine interfaces, IEC 63303, automation, engineer.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Interface Homem-Máquina antes e depois de aplicação da norma IEC 63303	15
Figura 2 – Evolução da Comunicação	18
Figura 3 - Exemplos de Acidentes Industriais	19
Figura 4 - Antigos painéis de controle	21
Figura 5 - Interface Gráfica de Controle Visual	21
Figura 6 - Interação homem-máquina.....	22
Figura 7 - Porcentagem de sentidos humanos na captação de informações	23
Figura 8 - A percepção visual como processo cognitivo	24
Figura 9 - O processo de design de interação	24
Figura 10 - Processo de Trabalho Contínuo - Ciclo de Vida IHM	26
Figura 11 - Exemplo de console individual	30
Figura 12 - Contraste de Tons.....	31
Figura 13 - Exemplo de parágrafos e linhas de contorno para caixa de texto	32
Figura 14 - Analógico x Digital	33
Figura 15 - Exemplo de representações numerais	34
Figura 16 - Exemplo de símbolo disquete	35
Figura 17 - Exemplo de botões de interface	35
Figura 18 - Exemplo de popup.....	36
Figura 19 - Exemplo de tela nível 1	37
Figura 20 - Exemplo de tela nível 2.....	38
Figura 21 - Exemplo de tela nível 3.....	38
Figura 22 - Exemplo de tela nível 4.....	39
Figura 23 - Guia Validação de Sistemas Computadorizados ANVISA	41
Figura 24 - Interface Homem-Máquina sem aplicação de ISA101	46
Figura 25 - Exemplo de representação de cores em IHM.....	46
Figura 26 - Exemplo de Cores Para IHM	47
Figura 27 - Representação numeral de IHM.....	47
Figura 28 - Tela de IHM ultrapassada	48
Figura 29 - Tela de IHM sem aplicação da norma ISA101	48
Figura 30 - Tela de operação IHM alta performance.....	49
Figura 31 - Interface Homem-Máquina com aplicação de ISA101	49

LISTAS DE GRÁFICOS E TABELAS

Tabela 1 - Representação Numeral	33
Tabela 2 – Benefícios da Interface Homem-Máquina de Alta Performance	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANSI – American National Standards Institute
CI – Continuous Improvement
EHF – Engenharia de Fatores Humanos
EUA – Estados Unidos da América
HMI – Human-Machine Interface
HSE – Health and Safety Executive
IEC – International Electrotechnical Commission
IHM - Interfaces Homem-Máquina
ISA - The International Society of Automation
KPI – Key Performance Indicator
MOC - Management of Change
TI – Tecnologia da Informação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVO.....	16
2.1	Objetivos Específicos.....	16
3	METODOLOGIA.....	17
4	REFERENCIAL TEÓRICO.	18
4.1	Interface Homem-Máquina	18
4.2	Os desastres junto à IHM são realmente culpa dos operadores?	19
4.3	A Engenharia de Fatores Humanos	22
4.3.1	Sobre Limites Sensoriais	23
4.3.2	Sobre Limites Cognitivos	23
4.4	Caracterização de Design.....	24
5	DESENVOLVIMENTO.....	26
5.1	Padrões do Sistema.....	27
5.1.1	Filosofia.....	27
5.1.2	Guia de Estilo.....	28
5.1.3	Toolkits.....	28
5.2	Design.....	28
5.2.1	Usuário, Tarefas e Requisitos Funcionais	28
5.2.2	Design do Console.....	29
5.2.3	Design do Sistema IHM	30
5.2.4	Design do Display	30
5.2.4.1	Estilo do display	31
5.2.4.2	Cores de fundo da interface.....	31
5.2.4.3	Cor de Texto	31
5.2.4.4	Fonte e Tamanho de Fonte.....	32
5.2.4.5	Parágrafos e Caixas de Texto	32
5.2.4.6	Representação de Números	33
5.2.4.7	Símbolos.....	34
5.2.4.8	Botões.....	35
5.2.4.9	<i>Popup</i>	35
5.2.4.10	Atalhos.....	36
5.2.5	Hierarquia de telas	36

5.3 Auditoria	39
5.4 Validação	39
5.5 Implementação	41
5.5.1 Construção do Console.....	42
5.5.2 Testes.....	42
5.5.3 Treinamento	42
5.5.4 Comissionamento	42
5.5.5 Qualificação	43
5.6 Operação	43
5.6.1 Serviço	43
5.6.2 Manutenção	43
5.6.3 Descomissionamento	44
5.7 Melhoria Contínua	44
5.8 <i>Management of Change</i> “MOC” – Gestão de Mudanças	44
6 IHM DE ALTA PERFORMANCE E IEC 63303.....	45
6.1 Discussões e Exemplos	45
6.2 Considerações sobre Aplicação da <i>IEC 63303</i> junto à <i>IHM</i>	50
7 CONCLUSÃO.....	51
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

Os profissionais da Engenharia de Automação e relacionados escutam quase que diariamente termos como Indústria 4.0, Internet Industrial, Manufatura Avançada, entre outros, demonstrando o quanto o desenvolvimento tecnológico se move junto a melhores resultados. De amplo modo, pode-se indicar que são termos iniciados por pesquisas que visam fortalecer indústrias, tornando-as mais competitivas, produtivas, seguras e sólidas. Como consequência, a ascensão de tecnologias disponíveis tem aumentado e a integração entre elementos físicos e de inteligência artificial entra em uma escala nunca antes vista.

A forma como as pessoas interagiam junto às máquinas tem desencadeado estudos e observações por décadas. Há pouco tempo, a interação passou de linha de comando tipo texto para desktops e softwares que trabalham via comando de voz ou gestos, com o propósito de facilitar seu uso.

Um dos iniciantes deste tema, conforme Rabello (2008), foi o engenheiro Vannevar Bush, que percebeu que os meios de armazenagem de dados já não comportavam muitas informações e criou máquinas que relacionavam fáceis visualizações de textos junto a grandes quantidades de elementos.

Interfaces Homem-Máquina são conjuntos de hardwares e softwares que agrupam dados e disponibilizam a interação do ser humano com um sistema de controle. A definição de *interface* é de um lugar onde o contato entre duas entidades ocorre. Como exemplo, podemos usar a maçaneta de uma porta, criada para que um humano seja o agente enquanto a porta é a *interface* de tal ação. Em um contexto maior, *interfaces* têm mudado a vida de diversos grupos de pessoas, como médicos que podem realizar diagnósticos mais precisos, artistas gráficos que podem melhorar sua criatividade e pilotos de avião tendo maior segurança em seus voos.

Em qualquer ambiente de produção, não importa o quanto a automação industrial esteja presente, sempre haverá uma condição de risco quase invisível: o erro humano. Para se ter um padrão onde qualquer ferramenta seja interpretada de forma clara e prática pelo homem, é necessário a criação de normas técnicas para uso.

Normas técnicas são desenvolvidas por comitês, que são formados por um grupo de pessoas que integram empresas, instituições ou órgãos. Sempre ao utilizar uma norma técnica, é relevante averiguar nos termos de referência do comitê da norma a que órgão ela está ligada, pois alguns comitês de normas podem ser mais distintos e rígidos do que outros (PAIOLA; ROCHA; RODRIGUES, 2019). Assim sendo, uma norma técnica pode ser

marcada através de um conjunto de propriedades, quantidades ou procedimentos que delineiam um produto, uma *interface*, um serviço ou um material.

Visto a necessidade de estabelecer aspectos de uso das *interfaces* que lidam com operações de consulta e controle, a ISA - International Society of Automation desenvolveu a norma ISA101. Tal organização é originada dos Estados Unidos e ganhou alcance internacional, lançando a sua primeira norma em 1949, no intuito de padronizar a simbologia utilizada na instrumentação industrial da automação. Tal associação possui hoje aproximadamente cento e sessenta documentos de normas, além de ofertar treinamentos, certificar profissionais, publicar livros e relatórios técnicos, organizar conferências para discussões de temas atuais e sugerir práticas para melhoria da gestão dos sistemas (PAIOLA; ROCHA; RODRIGUES, 2019).

A ISA101 foi patenteada e documentada em 09 de julho de 2015 no ANSI – American National Standards Institute, que é um órgão regulamentador dos EUA, e foi referenciada pela nomenclatura ANSI/ISA-101.01-2015, Human Machine Interfaces for Process Automation System. No início de 2020, após plano de submeter a norma a um desenvolvimento de padrão global, foi aprovado que a ISA-101.01 se tornasse aceita mundialmente, tendo nova nomenclatura: IEC 63303. O IEC – International Electrotechnical Commission, ou Comissão Eletrotécnica Internacional, é uma organização global que tem por objetivo criar e publicar padrões de aceite nos campos da elétrica, eletrônica e tecnologias relacionadas para o intercâmbio de dados e referenciando o funcionamento de técnicas do comércio. Os trabalhos para conclusão desta mudança estão previstos para serem finalizados até dezembro de 2021 (INTECH, 2020).

A norma IEC 63303 se destina à compreensão de forma clara dos conceitos de construção de *interfaces* de alta *performance*, seus padrões e aplicabilidades, atendendo a uma *IHM* segura e eficiente em operação, melhorando as habilidades de seu usuário e obtendo rápida resposta a interações se necessário. É uma norma aplicável a qualquer processo que utilize uma *IHM*, não se limitando a processos contínuos, podendo haver alterações de implementação decorrentes a cada necessidade do usuário em questão. Os benefícios de se utilizar a IEC 63303 aplicada à *IHM* se deixam claros em como a distribuição de dados nas telas são diretas e sem distrações, levando em conta parâmetros ergométricos junto aos limites sensoriais e cognitivos de seus usuários e a otimização em toda *performance* da operação. Seu público são profissionais de engenharia e tecnologia que desejam desenvolver uma melhor gestão, visando segurança operacional, ergonomia e otimização da qualidade de trabalho.

Na Figura 1 temos um exemplo do poder de uma *interface homem-máquina* de indústrias eólicas, com o antes e o depois de uma *IHM* padronizada pela IEC 63303.



Figura 1 - Interface Homem-Máquina antes e depois de aplicação da norma IEC 63303
Fonte: Brasil Logic Sistemas – Regulamentando a Interface Homem-Máquina: Conheça a ISA101

2 OBJETIVO

Esta monografia tem por objetivo geral conhecer a norma *IEC 63303*, incluindo histórico dos aspectos que desencadearam a criação de *interfaces homem-máquina de alta performance*, e detalhando conceitos de aplicação e seus benefícios.

2.1 Objetivos Específicos

Será possível conhecer com o desenvolvimento deste documento os detalhes propostos e fazer uma análise crítica, incluindo pontos positivos e negativos que podem ser observados durante a implantação da norma, como o grau de responsabilidade do *usuário* na interação com a *IHM*, se é possível controlar os riscos de erro humano, se há clareza entre o “desejado” e “apropriado” na utilização, e se a influência *homem-máquina* é favorável junto a situações operacionais.

3 METODOLOGIA

A abordagem da pesquisa bibliográfica escolhida para este trabalho foi a pesquisa qualitativa que, na perspectiva de Minayo (2009),

[...] trabalha com o universo dos significados, dos motivos, das aspirações, das crenças, dos valores e das atitudes. Esse conjunto de fenômenos humanos é entendido aqui como parte da realidade social, pois o ser humano se distingue não só por agir, mas por pensar sobre o que faz e por interpretar suas ações dentro e a partir da realidade vivida e partilhada com seus semelhantes [...] (MINAYO, 2009, p. 21).

Dito isto, este trabalho foi dividido em cinco etapas:

1. Elaboração do referencial teórico, contendo a história do surgimento de *interfaces homem-máquina*, sua evolução e uso;
2. Uma breve análise dos principais tópicos propostos no documento *IEC 63303*, englobando o ciclo de vida da *IHM* e sua padronização;
3. Discussões e exemplos de antes e depois da utilização da norma *IEC 63303*;
4. Conclusão de uso da norma junto a interfaces;
5. Propostas de próximos trabalhos nesta linha de desenvolvimento.

Os conceitos aqui apresentados, benefícios da normativa e exemplos que se estimulem a compreensão (GIL, 2007) estão fundamentados através de pesquisa bibliográfica-exploratória. A coleta de dados se baseou na busca via internet, livros, artigos científicos e no documento da norma *IEC 63303* e demais referências de *interfaces* de alta *performance*. Houve também a junção de análises de conceitos e discussões do tema durante disciplinas do curso de Engenharia de Controle e Automação. A análise de dados é um momento que requer o desenvolvimento entre os dados recolhidos durante o percurso da pesquisa, e o “[...] pesquisador já deve ter uma ideia mais ou menos clara das possíveis direções teóricas do estudo e parte então para ‘trabalhar’ o material acumulado, buscando destacar os principais achados da pesquisa” (LUDKE; ANDRÉ, 1986, p.48).

Na perspectiva de Barros (1990), a pesquisa é:

[...] a exploração, é a inquisição, é o procedimento sistemático e intensivo, que tem por objetivo descobrir e interpretar os fatos que estão inseridos em uma determinada realidade. A pesquisa é definida como uma forma de estudo de um objeto. Este estudo é sistemático e realizado com a finalidade de incorporar os resultados obtidos em expressões comunicáveis e comprovadas aos níveis do conhecimento obtido (BARROS; LEHFELD, 1990, p. 14).

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Interface Homem-Máquina

Conforme Castro (2016), a *IHM – Interface Homem-Máquina* é um mecanismo que permite a interação entre o homem e uma máquina, podendo variar entre painéis de controles de usinas nucleares ou botões para um simples celular. Há dois componentes necessários para utilização de uma *IHM*, sendo o primeiro uma entrada, onde um usuário (humano) precisa informar à máquina o que ela deve realizar. O segundo componente é uma saída, que é a forma da máquina retornar o comando solicitado. Esta saída pode ser representada como monitores ou robôs, por exemplo.

Houve grande evolução das *interfaces* desde sua criação na década de setenta até a era atual, com o desenvolvimento de equipamentos que respondem a comandos de voz, toques, e simulam a realidade, Figura 2.



Figura 2 – Evolução da Comunicação

Fonte: Blogdigicad – Conhecimento, Tecnologia e Evolução

A *interface homem-máquina* é usada por operadores que monitoram e controlam processos, mantenedores – para solucionar problemas e realizar a manutenção da planta; engenheiros – que atualizam a programação da *IHM* ou do sistema de controle; analistas de *TI* – que atualizam os sistemas e suas políticas de segurança; gestores – que a utilizam para monitorar a operações; e analistas – que monitoram o processo em busca de *alta performance* e integradores de sistemas auxiliares.

Conforme evolução tecnológica, o nível de poder das interfaces tem aumentado e a sofisticação das técnicas de interação trouxe usuários mais ativos. Um dos principais requisitos no ciclo de vida de uma *IHM* é o direcionamento de um projeto centrado e padronizado a seus usuários, onde possam interpretar e tomar decisões em tempo real.

4.2 Os desastres junto à IHM são realmente culpa dos operadores?

Aumenta cada vez mais a preocupação com a quantidade de dados e a capacidade humana de processá-los, garantindo que a usabilidade não incompatibilize a garantia da confiabilidade. Para segurança das operações, mostra-se necessário o desenvolvimento de interfaces que suportem o usuário, de forma que o mesmo possa confiar e desconfiar do equipamento.

Alguns dos maiores acidentes industriais da história, tendo relação com *interfaces homem-máquina*, ocorreu falta de clareza de dados em monitores, além de panes elétricas que poderiam ter sido mitigadas com qualidade no gerenciamento de mudanças e manutenções das *IHM*, e a deficiência de uso junto às necessidades de seus usuários causaram desastres jamais esquecidos, Figura 3.

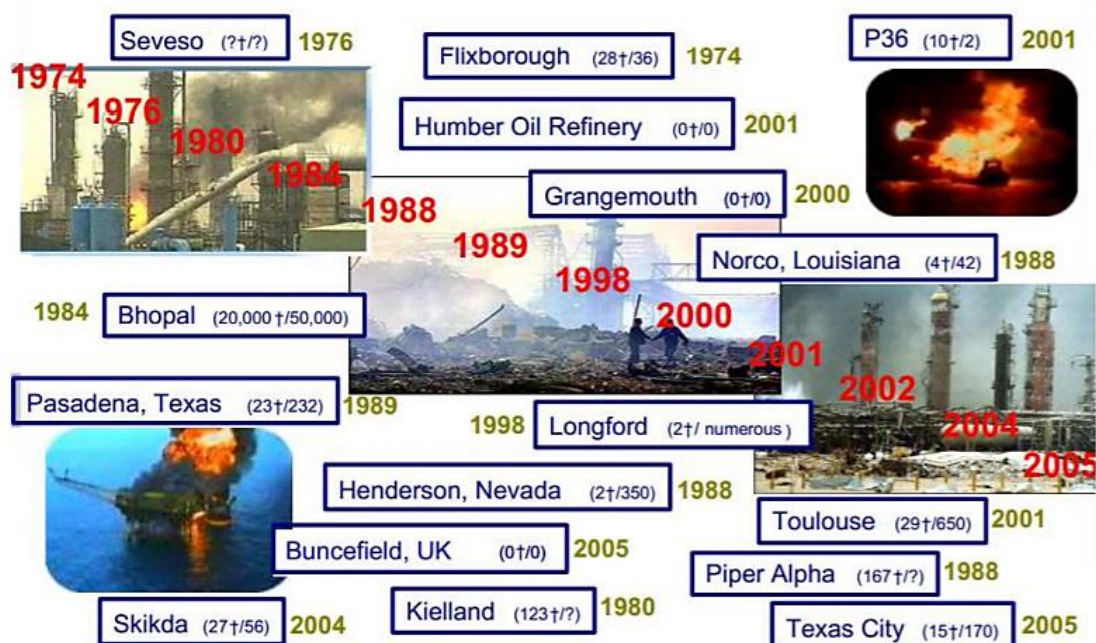


Figura 3 - Exemplos de Acidentes Industriais
Fonte: Noções Básicas Segurança de Processo

Um dos exemplos de necessidade de melhora e padronização do uso das *interfaces homem-máquina* veio de forma brusca em 23 de março de 2005. Houve a liberação de vinte toneladas de fluido de hidrocarbonetos em uma refinaria de petróleo no Texas, EUA, onde, após tal substância encontrar uma fonte de ignição, ocorreu uma explosão, resultando na morte de quinze colaboradores e ferindo mais de cento e oitenta pessoas.

Na perícia técnica investigada pelo instituto *HSE* – Health and Safety Executive (2003), foi relatado que, apesar de existirem oito monitores de controle na sala principal, o usuário não era capaz de analisar com precisão as informações. Em uma das telas observadas no momento da explosão havia a indicação do líquido deixando um tanque, mas não se via o quanto de líquido entrava no mesmo. Tal indicador existia, porém estava em uma outra tela mais distante. Além de tais falhas no design da interface, havia corte de funcionários na empresa, não havendo supervisão constante das telas, com falhas de comunicação entre os turnos de dia e noite. Operadores relataram que as jornadas de trabalho de doze horas eram constantes, o que pode ter prejudicado a capacidade cognitiva dos usuários de análise das interfaces (HSE, 2003). A empresa não obtinha simuladores ou testes para que os usuários pudessem praticar situações anormais e gerenciamento de mudanças. Um dos operadores que prestou depoimento e estava de serviço na manhã do incidente informou que eram raras as oportunidades de descanso e que o mesmo fazia suas refeições em frente às telas. Na entrega do laudo técnico, os investigadores concluíram que a fadiga poderia aumentar e muito os erros humanos, levando à demora na tomada de decisões e resoluções de problemas.

Após diversos ocorridos na indústria que despertaram foco para o gerenciamento de *IHM* de alarmes e monitoramento, percebeu-se a necessidade de padronizar tal ciclo de vida. Hix e Hartson (1993) propuseram um dos primeiros ciclos de desenvolvimento de software padrão voltados para *IHM*, chamado popularmente de Ciclo Estrela, que foi amplamente divulgado com o ponto forte de ser interativo com o usuário durante todo o processo. Tal padrão não obteve êxito junto a grandes empresas por ser flexível e, em sua utilização, não era possível o completo rastreamento de seu desenvolvimento, impossibilitando visualização de metas especificadas, recursos alocados e alvos estabelecidos (PREECE, ROGERS e SHARP, (2005).

A norma *IEC 63303* para *interfaces de alta performance* se fundamenta na importância de torná-las seguras, com aumento de consciência do usuário na situação ali presente e padronização de todo seu uso. Com o objetivo de ter clareza nos dados informados e deixá-los mais funcionais, ela pode ser aplicada em todas as áreas da indústria que necessitam de integração de sistemas.

Comparado à *IEC 63303*, o Ciclo Estrela de Hix e Hartson (1993) se diferencia por não ter a validação das etapas criadas, permitindo adaptações não seguras ao ciclo de vida. O que já não ocorre na *IEC 63303*, que tem por todo processo validação de gestão de mudanças em seu desenvolvimento.

Interfaces homem-máquina com muitos monitores, excesso de dados e com padrões que traziam danos ao ser humano foram utilizadas por muito tempo, sendo difícil ter o ideal acompanhamento de informações e rapidez na tomada de decisão, Figura 4.



Figura 4 - Antigos painéis de controle
Fonte: The High-Performance HMI Handbook (2008)

A Figura 5 exemplifica uma sala de controle atual, com alta tecnologia e monitores de *alta performance*, onde há muitos dados para observar, porém distribuídos de forma organizada e clara:



Figura 5 - Interface Gráfica de Controle Visual
Fonte: ABB reinventa controle de processo com nova geração de interfaces homem-máquina

4.3 A Engenharia de Fatores Humanos

A Engenharia de Fatores Humanos – *EFH*, categoriza interações entre usuários e sistemas, tendo o ciclo de ferramentas, tecnologias, organização, ambiente, tarefas e identificação de melhorias. O funcionamento da *HMI* deve ser direcionado junto à *EFH*, sendo o mais intuitivo possível, projetado de forma que até em condições anormais, como manuseio de alarmes, seja realizável pelo usuário. Deve ser levado em conta também a ergonomia de utilização das interfaces junto a seus operadores.

A falta de consciência no presente é referenciada como um dos maiores fatores para acidentes referidos a erro humano. O usuário deve estar ciente do que está acontecendo no processo, compreendendo-o no momento em que acontece e tendo possibilidade de prever de seu estado futuro, Figura 6.



Figura 6 - Interação homem-máquina
Fonte: Torneira de Água Instantânea

4.3.1 Sobre Limites Sensoriais

Os limites sensoriais são os meios auditivos e visuais do ser humano captarem informações. O projeto de *IHM* deve levar em consideração tais limites mínimos e máximos, além de deficiências comuns, como perda de audição, deficiência visual, entre outros. Como exemplo, o olho humano é feito de músculos que se contraem em determinadas exposições a luz. Quanto maior o efeito luminoso, maior a contração muscular, e quanto menor seu efeito, mais a musculatura relaxa. Locais com alternância luminosa trazem às pessoas que ali frequentam desconfortos e consequências para a saúde visual.

A *interface homem-máquina* deve se manter com o nível de compreensão do status do processo, revelando mínimos estímulos sensoriais. Caso ocorra desvios do funcionamento esperado, a *IHM* deve expor sinais sonoros e / ou visuais, demonstrando tal ambiente, para que o corpo humano os reconheça e consiga responder rapidamente a tomada de decisão, Figura 7.

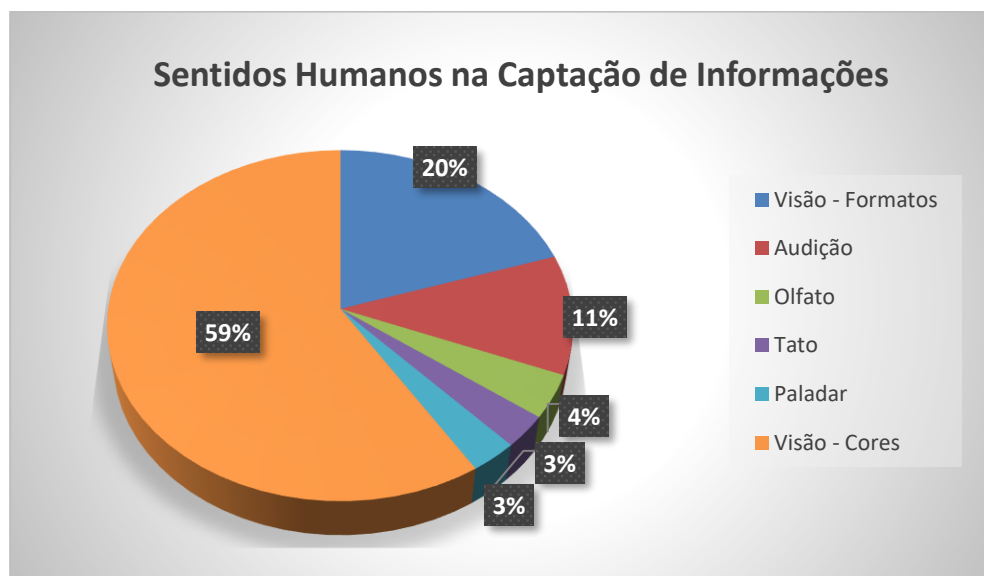


Figura 7 - Porcentagem de sentidos humanos na captação de informações
Fonte: DONDIS (2007)

4.3.2 Sobre Limites Cognitivos

De acordo com Piaget (1983), a cognição humana é uma forma de adaptação biológica na qual o conhecimento é construído aos poucos a partir do desenvolvimento das estruturas cognitivas que se organizam de acordo com os estágios de desenvolvimento da inteligência. Assim, desenvolvimento cognitivo está ligado aos processos de assimilação e acomodação que promovem o equilíbrio, o que varia de acordo com a idade (MILLER, 1999).

Os limites cognitivos se desenvolvem através do meio externo, podendo ter como exemplo efeitos negativos de nível de carga de trabalho, consciência no presente e enredamento de tarefas.

A percepção visual como um processo cognitivo se baseia em três fases de acordo com Villafane e Mínguez (2000), Figura 8.

A PERCEPÇÃO VISUAL COMO PROCESSO COGNITIVO			
	Primeira fase	Segunda fase	Terceira fase
Capacidades	Recepção da informação	Armazenamento da informação	Processamento da informação
Processos	Sensação Visual	Memória visual	Pensamento visual

Figura 8 - A percepção visual como processo cognitivo
Fonte: Villafane e Mínguez (2000)

Uma *IHM* precisa ser otimizada para minimizar quaisquer danos aos limites cognitivos de um usuário, e a junção de informações de maneira congruente resulta em dados processados cognitivamente com um único propósito, aumentando a tomada de decisão do usuário.

4.4 Caracterização de Design

Segundo Nahr (2009), design é uma atividade mental de criar e descrever um produto a partir dos requisitos de seus potenciais usuários, e seu processo engloba quatro atividades para o desenvolvimento de um layout para interação, Figura 9.



Figura 9 - O processo de design de interação
Fonte: NÄHR (2009)

Tais atividades percorrem toda a criação do design pelo ciclo de vida de uma *interface homem-máquina*.

Conforme cita a *IEC 63303*, o processo de design da *interface* analisa os princípios da *EFH* – Engenharia de Fatores Humanos para relacionar as limitações cognitivas e sensoriais dos usuários, desenvolvendo um layout claro, objetivo e sem danos. Alguns princípios gerais devem ser observados, como o *HMI* ser uma ferramenta segura e eficiente; o usuário ser capaz de detectar rapidamente falhas ou problemas; ser capaz de mudar parâmetros que influenciam na *performance* da operação conforme seu perfil e estruturar a *interface* para que não haja múltiplos distúrbios a operacionalizar junto ao sistema.

5 DESENVOLVIMENTO

No documento da norma *IEC 63303*, encontram-se estabelecidas nove cláusulas, sendo as três primeiras introdutórias. A quarta cláusula envolve o desenvolvimento do ciclo de vida da *IHM*. Da quinta à nona cláusula detalham-se informações adicionais e requisitos não obrigatórios. Os requisitos obrigatórios serão sempre indicados no início das cláusulas.

O ciclo de vida de uma *interface* é como toda a sua estrutura de criação irá se compor, Figura 10.

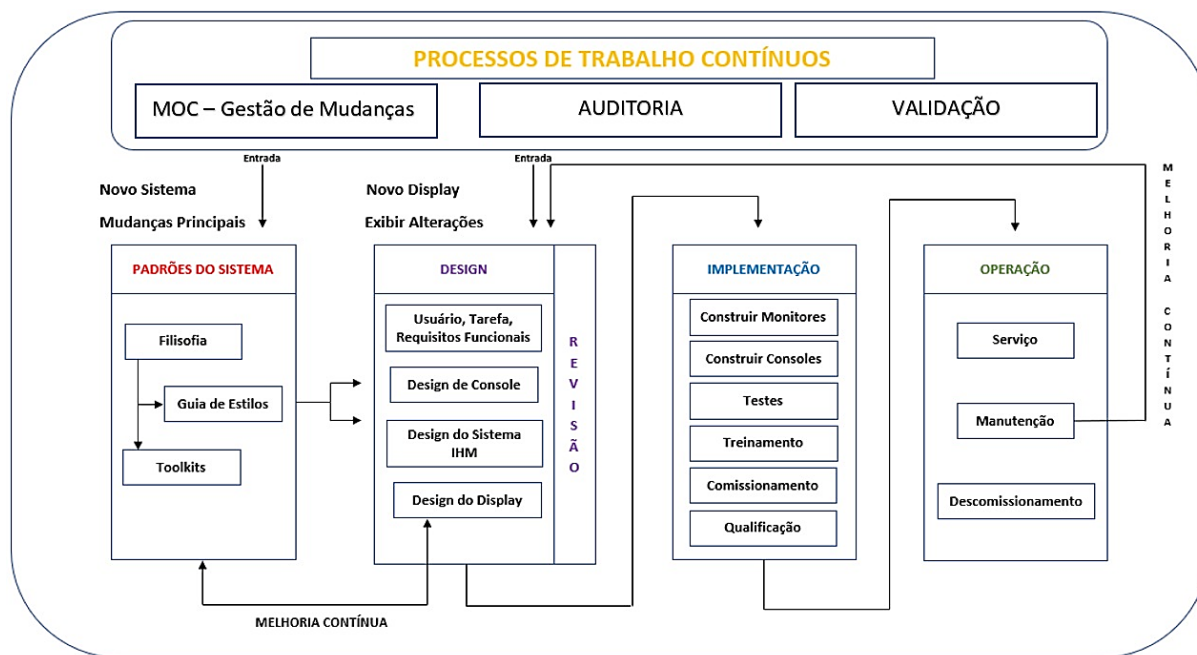


Figura 10 - Processo de Trabalho Contínuo - Ciclo de Vida IHM
Fonte: O próprio autor, adaptado de *ISA 101* (2015)

O início se fundamenta na criação dos Padrões do Sistema, que é a Filosofia da *Interface* com a condução do projeto e regras; o seu Guia de Estilo, detalhando como o layout se comportará; e, por último, se indicam a criação dos *Toolkits*, o conjunto de ferramentas para embasar a estrutura da *interface*.

Tendo definido os Padrões, inicia-se o projeto com a montagem de um console (hardwares), o Design do Sistema (software), a criação dos usuários que acessarão a *interface*, suas respectivas tarefas e necessidades e, por último, definindo de que forma as informações serão exibidas para os usuários em suas telas de acesso.

A Implementação trata da construção dos consoles, do teste de uso da *interface*, do treinamento e orientações aos usuários que irão operá-la, e do início de uso do projeto e

qualificação do mesmo, sendo tal etapa a verificação de que todos os parâmetros prescritos na Filosofia e Design da Interface foram mantidos por todo o seu desenvolvimento.

A Operação fala sobre utilizar do projeto em serviço, tendo a oportunidade de melhoria da *interface* junto a seus usuários; manter se refere às respectivas manutenções necessárias nos períodos preestabelecidos, e o Descomissionamento é a finalização do projeto e encerramento das atividades da *interface*.

Por todo o ciclo de vida de uma *IHM de alta performance* nota-se o gerenciamento de mudanças para atualizações e manutenções necessárias, além da auditoria, que confronta todas as etapas com sua documentação, e a validação, que legitima todo uso da plataforma.

O desenvolvimento deste documento seguirá por tópicos, detalhando brevemente toda a estrutura proposta na Figura 9, especificando o significado de cada parte do ciclo de vida da implantação da norma *IEC 63303* em uma *interface homem-máquina de alta performance*.

5.1 Padrões do Sistema

Os Padrões do Sistema incluem a criação de três *guidelines* que buscam padronizar a *interface* ao mesmo tempo: Filosofia da *Interface homem-máquina*, seu Guia de Estilo e o *kit* de ferramentas (*Toolkits*). Após sua criação, tais meios devem ser mantidos por toda a vida útil da instalação, tendo mudanças em casos muito específicos.

Abaixo tem-se a definição de cada padrão citado:

5.1.1 Filosofia

É um documento que determina os princípios que se devem reger o desenvolvimento de tal *interface*, com um esclarecimento dos dispositivos aplicados, o que são, como funcionam e o que cada um faz. Tem-se, assim, uma criação de conceitos que regem o design da estrutura, fatores humanos, características de padrão, identificação de boas práticas e o melhor uso de ferramentas para tarefas de alto fluxo e métodos para aumento de segurança. O mesmo é criado no começo do projeto para estruturação de todo o ciclo de vida da *IHM*, mas sem fornecer detalhes característicos da interface, pois tais detalhes serão abordados no guia de estilo.

5.1.2 Guia de Estilo

O Guia de Estilo orienta e fornece todo o design de telas e aplicativos anexos da *interface homem-máquina*. Estão incluídos no documento a formatação de cores, textos, gráficos, hierarquia de telas, perfil de usuários, entre outras diretrizes a seguir, para que considerem *performance* e ergonomia pontos-chave na construção da *IHM*. Tal documento reforça a filosofia, não podendo ferir nenhum princípio previamente proposto e atendendo-se aos requisitos lá estabelecidos.

5.1.3 Toolkits

Os *Toolkits* são kits de ferramentas, e são uma forma de reunir todos os elementos de design que serão utilizados na construção da *interface homem-máquina*. Cada elemento ali criado é feito com base nas funções de usuário, tarefas e requisitos do projeto e, caso haja atualizações de tecnologias necessárias, ele pode ser atualizado, porém, sempre visando atender à filosofia do projeto e guia de estilo, sendo sempre atualizado pelo Gerenciamento de Mudanças – MOC.

5.2 Design

O projeto de uma *interface de alta performance*, seguindo a norma *IEC 63303*, deve ser direcionado para a padronização de informações contidas no display, de modo que qualquer usuário consiga interpretar de forma clara e objetiva seu design e o que ali está ocorrendo. A densidade dos caracteres, símbolos, gráficos, cores e formatações deve ser levada em conta junto a toda estrutura de hardware, respeitando a ergonomia da *EFH*.

5.2.1 Usuário, Tarefas e Requisitos Funcionais

Segundo a norma *IEC 63303*, o usuário, suas tarefas e respectivas funcionalidades são requisitos para definir o conceito de usuários primários e secundários. O termo “*user*” tem relação com os indivíduos que usarão a *IHM*. Cada usuário tem a definição de perfil com base nas funções individuais e suas tarefas. Como exemplo, um engenheiro de automação pode ter acesso à mudança da lógica de programação de uma correia transportadora de uma mina, porém, o operador da área desta *IHM* não poderia ter tal acessibilidade. Abaixo alguns exemplos do detalhamento de perfis:

- Perfil para operação: *user* acessa telas de dados significativos para tomadas de decisão à curto prazo, como ligar e desligar equipamentos.
- Perfil para processo: *user* acessa telas de dados com diagnósticos de parâmetros operacionais, para tomadas de decisão em médio prazo.
- Perfil para manutenção corretiva: *user* acessa telas de dados para manutenções elétricas e mecânicas para preditivas e preventivas dos equipamentos.
- Perfil para controle e tecnologia: *user* acessa telas de funções de variáveis e medições (como níveis, vazões, densidades).
- Perfil para administração: *user* acessa livremente todas as telas e recursos da *interface*.
- Perfil para desenvolvimento: *user* acessa livremente todas as telas e recursos, e tem permissão para modificar dados junto à manutenção da *interface*.

5.2.2 Design do Console

O projeto de design do console consiste nos objetos físicos e ambiente de uso da *interface*. Os objetos se compõem em telefones, monitores, teclados, mouses, rádios, botões de alarmes, etc. Já a relação de ambiente se trata da temperatura, som, iluminação e o que fizer parte do local de uso da *IHM*. Como análise de um objeto físico, temos como exemplo uma tela de monitor que, dependendo dos tamanhos utilizados de imagem (altura e largura), pode contemplar arranjos especiais. Diferenças significativas em tamanhos de monitores, por exemplo, podem causar a perda de usabilidade do software, conforme a *IHM*. Sobre o ambiente de uso, caso haja muita ou pouca iluminação, pode haver problemas sensoriais na visão do usuário.

“Melhorias para o hardware, software e dados de interface, agora tornam possível combinar simuladores de processos com dados do sistema de controle para projetos de pequeno e médio porte. Isso permite que os engenheiros tenham melhores modelos para os seus processos e melhor controle dos mesmos. Enquanto a tecnologia continua a melhorar, devemos esperar para ver mais interfaces de tais sistemas.” (Hill, 2010)

A localização de todo hardware deve levar em conta o impacto de ruído no ambiente, níveis de calor e acessibilidade, dando ao usuário uma qualidade de trabalho individual apropriada, Figura 11.



Figura 11 - Exemplo de console individual
Fonte: Revolução 4.0 oferece redução de custos e segurança maior

5.2.3 Design do Sistema IHM

É a etapa de criação de todo layout e estrutura gráfica do sistema operacional. As junções de características entre o hardware e software na construção da *interface* irão apontar as operações que podem ser úteis no sistema interativo ou indicar a necessidade de mudanças na construção.

5.2.4 Design do Display

A *interface homem-máquina* deve se basear nas necessidades padronizadas de seus usuários e deve ser direcionada em um processo iterativo, onde cada passo é a evolução da etapa anterior. Como existem diferentes tipos de *users*, há a necessidade de criar uma aparência e comportamento padrão a todo design da *interface*.

A aplicação adotada em uma resolução de tela, por exemplo, pode ser variável e de acordo com as proporções do monitor em uso. Mesmo assim, deve-se procurar uma resolução para maior clareza na identificação dos objetos e recursos gráficos de tal aplicação, não sendo possíveis resoluções que tenham distorção de objetos e simbologias utilizadas.

5.2.4.1 Estilo do display

O estilo do display se refere às informações de uma tela englobando o layout e formatos de apresentar dados, sendo os mesmos funcionais, seguindo as diretrizes dos documentos de filosofia e guia de estilo da *interface*.

Algumas considerações, como a interação de tela junto ao *user*, posições das caixas de texto e / ou gráficos e a quantidade de dados que se mostram ao mesmo tempo, devem ser levadas em consideração ao criar um estilo de display. A interação deve ser projetada de maneira coesa e a solicitação de comandos ou mudanças de telas deve ocorrer para interações não rotineiras ou menos importantes.

Por conta dos limites sensoriais e cognitivos, apenas um número limitado de cores pode ser utilizado nos displays. Baseado na redução de cores, movimentos com visibilidades condicionais podem ser empregados de modo a chamar atenção do *user*.

5.2.4.2 Cores de fundo da interface

As cores de fundo são as colorações do display para representação de objetos em geral e status. A utilização de cores na *interface* permite direcionar o foco do usuário na identificação de estruturas e processos, diminuindo erros, tornando-a mais fáceis e simbólicas (JACKSON; MACDONALD; FREEMAN, 1994, p.46). De acordo com a IEC 63303, os dados mais significativos devem ter maior destaque e, para os dados com menos destaque, cores devem ser acromáticas para diminuição do cansaço visual, Figura 12.



Figura 12 - Contraste de Tons
Fonte: Pedrosa (2003)

5.2.4.3 Cor de Texto

As cores textuais são os mediadores sônicos de recepção de comunicação, estruturando códigos culturais como símbolos, linguagens e figuras. Devem ser ressaltadas

para a existência de deficiências na percepção do usuário, como diferentes tipos de daltonismos.

5.2.4.4 Fonte e Tamanho de Fonte

A escolha da fonte e formato dos textos da *interface* é base para que a informação seja clara, seja qual for a sua aplicação e posição na operação. Consideramos os conceitos de adaptabilidade, que significa ajuste para diferentes modelos de display que podem ser aplicados, proporcionando conforto ao usuário; e legibilidade, que é a distinção entre caracteres como “L” e “i”, maiúsculo e minúsculo e “O” (letra) e 0 (numeral zero), maiúsculo e minúsculo. O documento da ISO11064-5 (2008), é focado na orientação de quais fontes são preferíveis.

Caminhando junto à ideia de fonte escolhida na construção da *interface*, o tamanho dos informativos varia de forma a deixar a hierarquia de comandos intuitiva e promover, como se refere no documento da IEC 63303, as informações de maior e menor nível de importância.

5.2.4.5 Parágrafos e Caixas de Texto

Os parágrafos são os caracteres com alinhamento justificado, que facilitam a rápida varredura do texto (FITZPATRICK, 2012), justificando a hierarquia de informações da interface. Já as caixas de texto fazem referência a como são as linhas de contorno que envolvem os dados.

Conforme indicado na IEC 63303, os textos exibidos na interface devem ser expostos de forma objetiva e rápida, e aconselha-se seguir a premissa de mínimo de cinquenta caracteres com alinhamento justificado, Figura 13.



Figura 13 - Exemplo de parágrafos e linhas de contorno para caixa de texto
Fonte: NBR 9241 (2000)

5.2.4.6 Representação de Números

Variáveis podem ter seus valores representados de forma analógica ou digital, Figura 14. O formato digital é mais indicado quando o contexto é mais importante que a exatidão de dados. Já o formato analógico é indicado quando o valor é mais importante que o contexto em si.

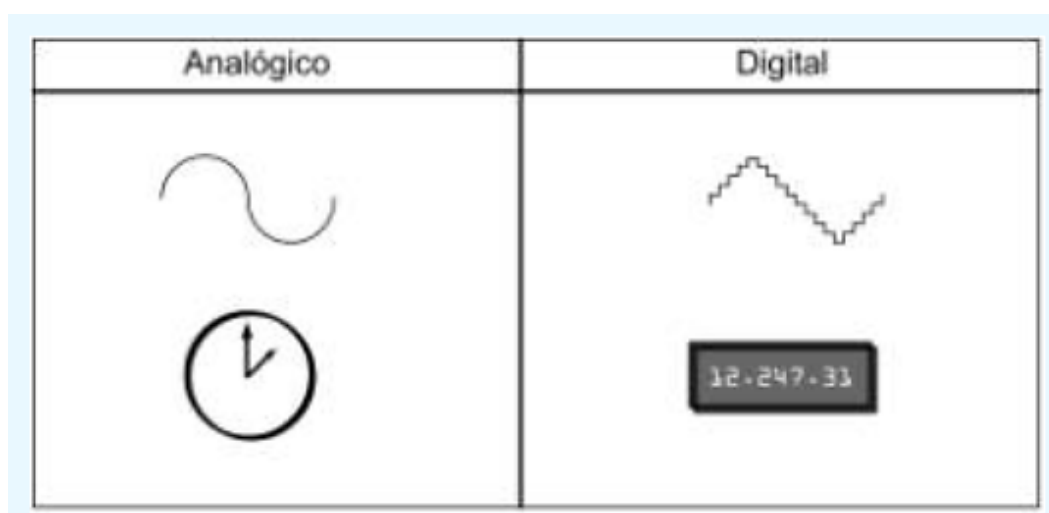


Figura 14 - Analógico x Digital
Fonte: Áudio Digital

A visualização dos números em interfaces deve ser criada de modo utilizável, e o usuário não deve ter de calcular mudanças de unidades de medida, Tabela 1.

Tabela 1 - Representação Numeral

Exemplos da Numerais	Formatação Decimal
100 - 999.9	XXXX
10 - 99.99	XX.X
1 - 9.999	X.XX
0 - 0.9999	X.XXX

Fonte: Adaptado do documento ANSI/ISA-101.01-2015

Os números brutos podem nos repassar a percepção dos valores, porém, não nos dizem se tais radicais estão dentro ou não da normalidade. É necessário ter atenção em como indicar números para não haver problemas na interpretação. A Figura 15 exemplifica a diferença de representação numeral entre gráficos e simbologias, e como eles são percebidos, compreendidos e projetados em determinados contextos:

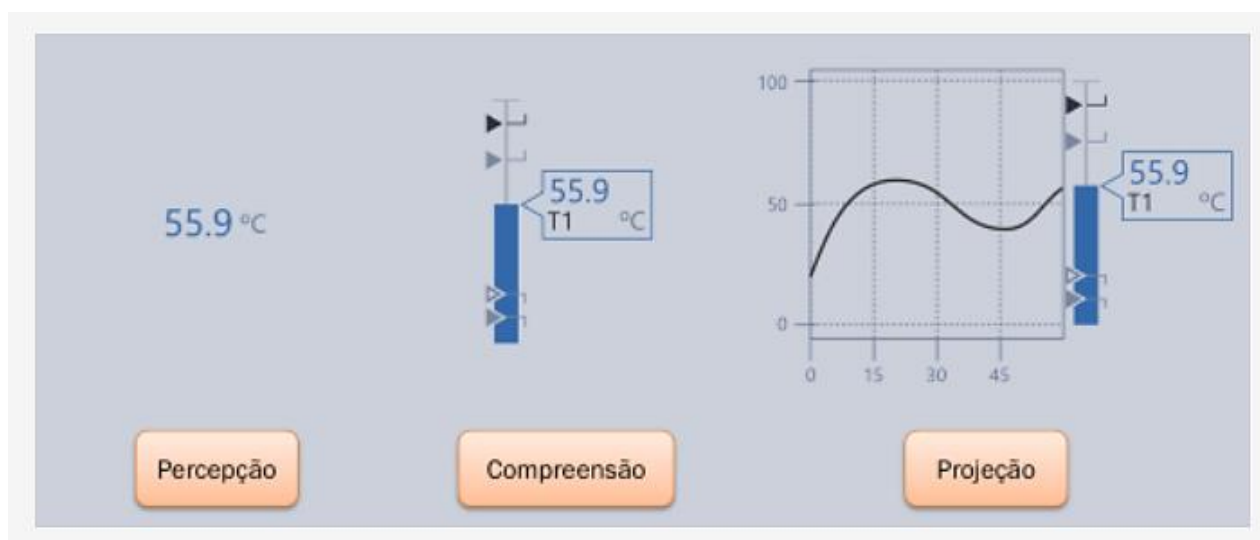


Figura 15 - Exemplo de representações numerais
Fonte: Metodologia para Desenvolvimento de IHMs de Alta Performance Visual, (2019)

5.2.4.7 Símbolos

Símbolos são representações gráficas de componentes, instrumentos ou condições de uma operação processual. As simbologias devem ser utilizadas para demarcar se condições estabelecidas foram atendidas ou selecionadas.

Para Baranauskas (2003), as interfaces são muito mais que ícones, imagens e links, elas são representações dos significados e do comportamento da aparência destes objetos na tela. A relação de ícones se dá em um contexto em que, caso um *user* visualize uma lixeira na *interface* operada, entende que ali se encontram arquivos que já foram deletados em algum momento, como acontece também migrando para a vida real. Do mesmo modo, há comparações como um ícone de disquete usado para a opção “salvar” a ação. O disquete não é um objeto hoje tanto utilizado, porém, seu símbolo (Figura 16) é funcional e claro, mesmo não havendo mais função física:



Figura 16 - Exemplo de símbolo disquete
Fonte: Vetor Disquete

5.2.4.8 Botões

A simbologia de botões em recursos gráficos é aplicada para comandos ou navegação pela *interface* junto a atalhos ou mudanças de telas. Não é necessário a reprodução idêntica de um botão físico, porém, há a necessidade de mostrar a seu usuário que o mecanismo foi acionado após tal clique, onde os mesmos devem ser grandes e suficientes para permitir tal visualização, Figura 17. São utilizados para ajuste de parâmetros para *performance* da operação, malhas de controle e detalhamento de subprocessos.



Figura 17 - Exemplo de botões de interface
Fonte: A Interface de Usuário do Programa de Instalação em Modo Texto

5.2.4.9 Popup

De acordo com a norma *IEC 63303*, *popup* é o termo que nomeia uma exibição que aparece em primeiro plano de tela, possivelmente obscurecendo parte do display. As *popups*

se aplicam para evidenciar ao usuário que algum dado foi inserido de forma incorreta ou que houve alguma ocorrência importante ao processo que está pendente de avaliação. O modo de visualização desta exibição se dá através de caixas de diálogo que rejeitam o próximo comando e informam o motivo de tal rejeição. Sendo assim, as *popups* devem ter objetividade nos textos, evidenciando a situação ali presente junto à data e hora do ocorrido, e apresentando a solução para seguir com o processo. O tamanho e suas caixas de diálogo também devem ter padronização, comportando o conteúdo textual adequado, Figura 18.

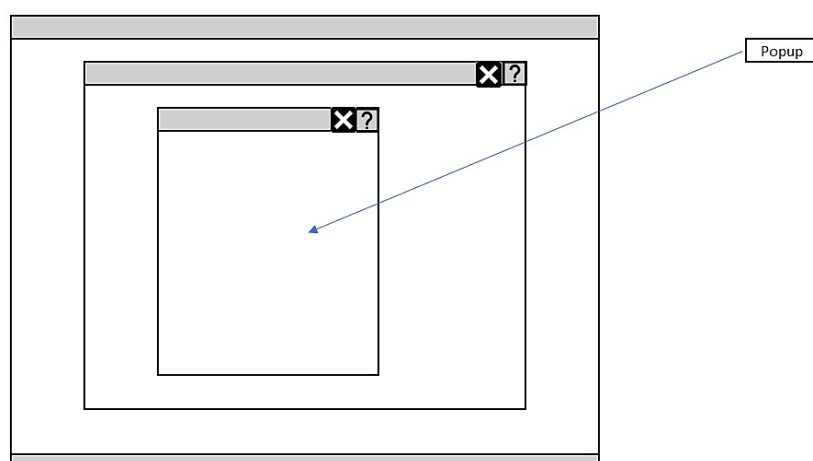


Figura 18 - Exemplo de popup
Fonte: O próprio autor

5.2.4.10 Atalhos

Atalhos são recursos que reduzem o número de cliques para acesso a alguma informação desejada. É necessário estabelecermos um critério para diferenciar os recursos de atalho para telas de diagnósticos e comandos, que seriam as nível 4, dos botões de navegação, aumentando, assim, a *performance* de uso da operação. Os atalhos seriam utilizados através de botões na aplicação.

5.2.5 Hierarquia de telas

A hierarquia de telas se baseia na gestão de comandos, ações dos usuários e níveis de segurança de acesso de *interfaces*. Tais níveis podem ser direcionados à hierarquia do ambiente. Como exemplo, em um empreendimento minerário, pode-se definir telas de engenheiros, técnicos, operadores, entre outros. Os níveis podem ser definidos também como parâmetros de importância das informações ali mostradas, tendo otimização do layout

e consistência de uso pelo *user*. Detalhados abaixo estão os níveis de tela para aplicação de *IHM de alta performance*:

- Nível 1: Chamado também de overview, permite que o usuário tenha uma visão geral da operação, com toda extensão de seu controle. São disponibilizados indicadores estratégicos, objetivos e com fácil entendimento para acompanhamento de *performance*, Figura 19.

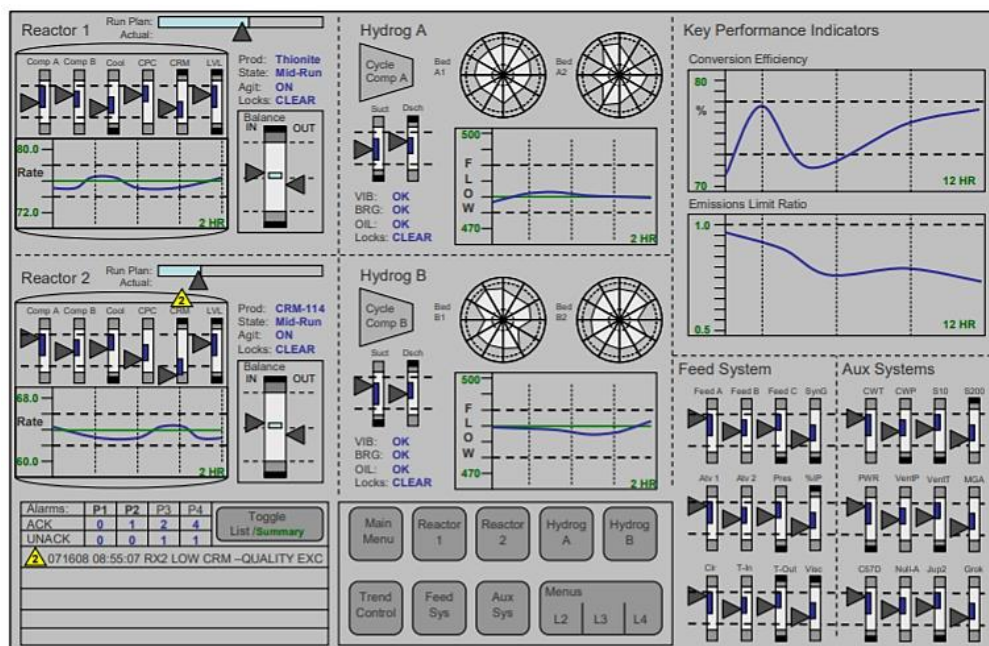


Figura 19 - Exemplo de tela nível 1
Fonte: The High-Performance HMI Handbook (2008)

- Nível 2: Usuário tem a visão geral de um subprocesso com mais detalhes que o nível 1, porém, de uma parte reduzida da operação. Seu desenvolvimento é feito para conter informações e controles para performar a maioria das atividades, Figura 20.

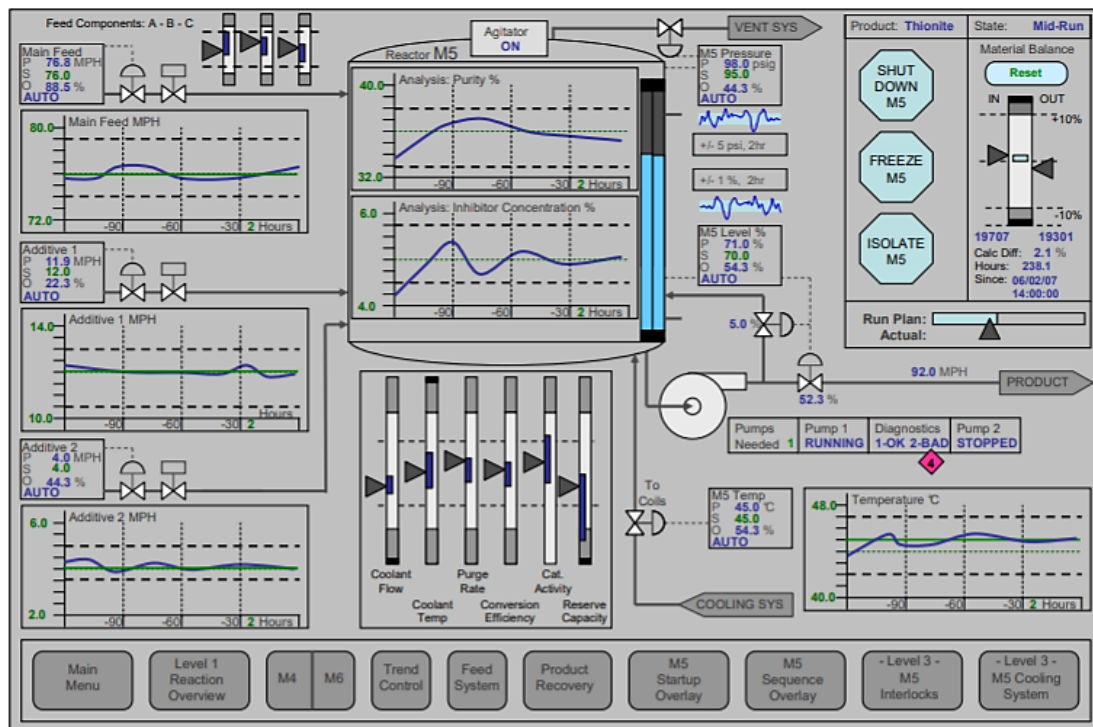


Figura 20 - Exemplo de tela nível 2
 Fonte: The High-Performance HMI Handbook (2008)

- Nível 3: Usuário tem a visão detalhada de um subprocesso, Figura 21, como informações de um único equipamento:

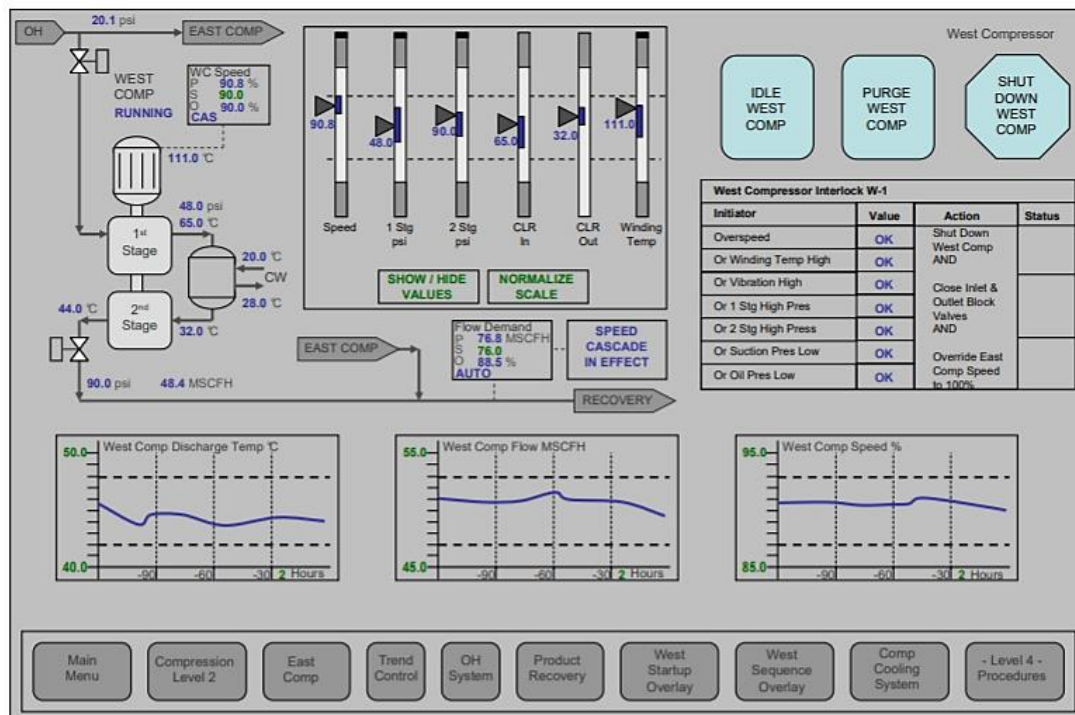


Figura 21 - Exemplo de tela nível 3
 Fonte: The High-Performance HMI Handbook (2008)

- Nível 4: Usuário visualiza telas de suporte e diagnósticos com maior riqueza de detalhes de um processo/equipamento, como subsistemas, componentes ou sensores. Tais janelas serão acessadas através de representações gráficas que correspondem à busca, Figura 22.

Verificação de Líquido Perigoso

Etapa 1: Selecione o item para teste TIC8700 ▼

Etapa2: Verifique se a viagem ocorreu corretamente

- ☒ TIC8700 > Limite 986
- ☒ Leitura atual: 987, XY8700 = Fechado
- ☒ Controlador e válvula de bloqueios fechadas:

Operador: Ana Simões, assinado eletronicamente.
 Instrutor: Patriki Amorim, assinado eletronicamente.

Etapa 3: O programa espera que o historiador registre a viagem.

- ☒ Confirmação TCI 8700 no historiador 987.

Etapa 4: O programa retorna o valor de teste para a leitura do campo.

- ☒ Leitura de PV para o campo.

Etapa 5: OK para retornar a caldeira às operações normais.

Figura 22 - Exemplo de tela nível 4
Fonte: O próprio autor

5.3 Auditoria

A auditoria junto a uma construção de *interface homem-máquina* revisa periodicamente os processos de trabalho e desempenho de utilização. É a garantia de que, por todo ciclo de vida, a *IHM* seguirá os padrões de sistema, como filosofia, guia de estilo e *toolkits*.

Encontrar um erro durante o desenvolvimento é bem mais barato do que encontrar um erro depois que o software é colocado em produção. Após um processo ser colocado em produção, erros podem custar até cem vezes mais do que se fossem certificados no início do projeto, sendo uma parte supervisionada pela auditoria da *IHM*.

Tal etapa é realizada por todo o ciclo de vida da interface e, em seus resultados, são detectados problemas não avaliados pela gestão de mudanças, como falhas no projeto de design, em formas de interação, nos dispositivos de interação e entre outros.

5.4 Validação

Em algumas áreas de mercados, apenas a auditoria é necessária para seguimento de um projeto, porém, determinadas indústrias podem solicitar planos de validação mais

específicos pelo ciclo de vida da *interface homem-máquina*. O conceito de validação foi desenvolvido inicialmente para processos e equipamentos derivados de engenharias usadas na entrega de peças que seriam fabricadas, testadas e entregues conforme um contrato entre as partes envolvidas. O uso da validação se dissipou para outras áreas após problemas em grande escala demonstrarem riscos nos projetos.

A GAMP5 (2013) caracteriza como validação a “Elaboração de uma evidência documentada que apresenta um alto grau de segurança de que um processo específico irá produzir de maneira consistente um produto que atende as especificações pré-determinadas e os atributos de qualidade”. Um projeto bem desenvolvido fornece um alto grau de segurança em cada passo, e qualquer mudança deve ser previamente avaliada antes de sua implementação.

A validação de um software (GAMP5, 2013) determina que a “verificação de um software fornece evidência objetiva de que as saídas de projeto de uma fase específica do ciclo de vida atendam a todos os requisitos especificados”, Figura 23.

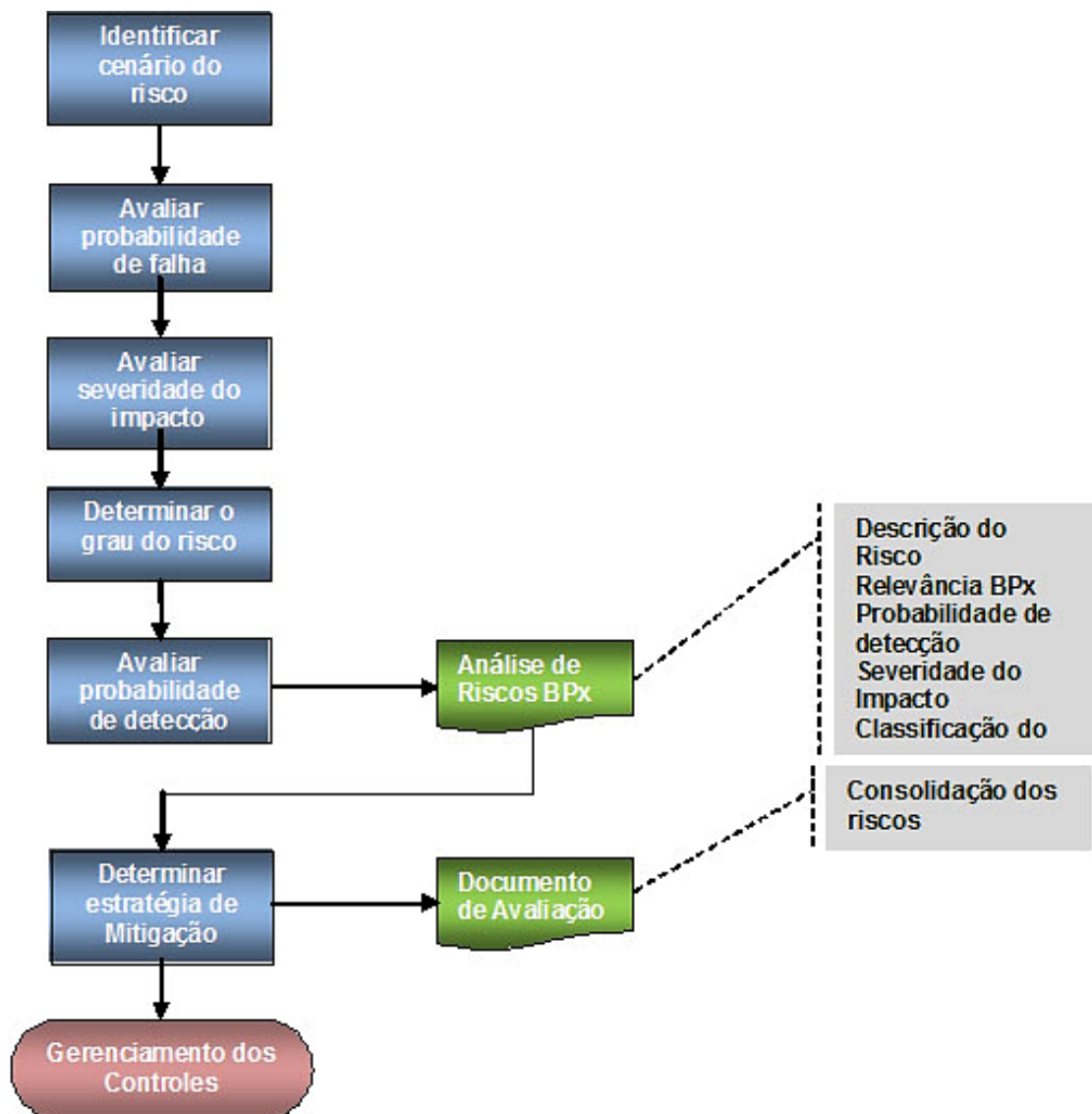


Figura 23 - Guia Validação de Sistemas Computadorizados ANVISA
 Fonte: Validação de Sistemas Computadorizados – GAMP5, 2013

5.5 Implementação

A implementação do ciclo de vida da *IHM* engloba os elementos que precisam ser levados em conta durante seu desenvolvimento, como tipos de sistema, suas funções de segurança, as trilhas de auditoria, as operações controladas pelo sistema, e a tecnologia necessária para seguimento da operação. Se a execução é considerada bem sucedida, a implementação pode ser ampliada e acompanhada sempre de medidas de avaliação.

5.5.1 Construção do Console

A construção do console consiste na montagem de todos os hardwares definidos para utilização no projeto. Destacam-se a ergonomia para posicionamento dos mesmos, a luz ambiente, os ruídos e os aspectos negativos aos usuários pelo ciclo de vida da IHM.

5.5.2 Testes

Testes é a etapa que examina via operação o sistema projetado introduzido com suas premissas de uso. Através do documento ANSI / ISA-62381, encontram-se as definições de como executar testes de aceitação para validar a *interface homem-máquina de alta performance*.

Os parâmetros para definição de testes são:

- Objetivos do teste;
- Quando e onde o mesmo acontecerá;
- Duração da sessão de teste;
- Quais softwares necessitam estar disponíveis;
- Quem serão os *users*;
- Quais tarefas serão solicitadas aos *users* e o tempo de realização das mesmas;
- Quais dados serão coletados;
- Qual critério será utilizado para definição de sucesso ou não do teste.

Caso haja simuladores, eles são recomendados para uso, pois podem confirmar requisitos de validação em um ambiente real junto aos futuros usuários de uma *IHM*.

5.5.3 Treinamento

O treinamento é a orientação de manuseio do sistema instalado e seus hardwares aos usuários que irão operar tal *interface*. Tais treinamentos podem ser realizados em salas de aula, em sistemas eletrônicos ou simuladores.

5.5.4 Comissionamento

O comissionamento se baseia em todos os procedimentos anteriores junto à transmissão de um sistema a ser operado. É uma etapa que inclui os testes de aceitação da *interface*, entrega de documentos, manuais, manutenções preventivas e treinamentos.

5.5.5 Qualificação

Alguns segmentos da indústria podem exigir que haja planos específicos para aprovação antes de seguir para a fase de operação da *HMI*. Tal plano de qualificação evidencia que os parâmetros e requisitos foram atendidos, ou que há falhas de sistema, equipamentos e processos que podem causar criticidade à qualidade da operação e interação *homem-máquina*.

5.6 Operação

A fase de *operação* da *IHM* se baseia nos procedimentos operacionais, no controle de manutenção e segurança e na conformidade do projeto proposto. A gestão de mudanças se mostra presente nesta fase que, de uma forma operária, visualiza diferentes impactos e complexidades nas tarefas.

5.6.1 Serviço

Estar em serviço significa estar em operação junto aos usuários solicitantes de tal *interface*, tendo a chance de obter métricas da eficiência da plataforma ou necessidade de mudanças para sua otimização.

5.6.2 Manutenção

Estar em manutenção diz respeito às atividades que devem ser realizadas através dos mesmos procedimentos do período de desenvolvimento da *IHM*. Mesmo com um sistema validado e qualificado, os mesmos estão sujeitos a ameaças no ambiente operacional. A segurança, gestão de operação, revisões e procedimentos, e a forma de descomissionar a operação ofertam certezas de que o sistema está seguindo os padrões de sistema envolvidos no projeto.

Assim que a *IHM* está em operação, os backups devem ser realizados periodicamente. Os mesmos incluem todos os programadas da *interface*, configurações e códigos. À parte, é recomendado manter documentações técnicas com as informações de restauração de sistemas via estes backups, com testes previamente feitos para caso haja necessidade de recuperação de dados.

5.6.3 Descomissionamento

O descomissionamento é a remoção de todo o sistema, ou partes do mesmo, de uma *interface homem-máquina* que estava em operação. Tal processo deve envolver decisões sobre retenção de dados, migração de documentos ou a destruição, gestão de processos e indicações se outras partes da *IHM* precisam continuar operando.

5.7 Melhoria Contínua

Através da Figura 6 pode-se analisar que, tanto no começo quanto no final da construção do ciclo de vida de uma *IHM*, a melhoria contínua está presente e é necessária. É uma prática que busca ininterruptamente aperfeiçoar o processo, consistindo na análise de ineficiências para que se possa contar com benefícios financeiros e economia de tempo.

5.8 Management of Change “MOC” – Gestão de Mudanças

Por todo ciclo de vida de uma *interface homem-máquina* aplicando-se a norma IEC 63303, é obrigatório avaliar, documentar, aprovar e realizar alterações no projeto no que se faz necessário. A gestão de mudanças, ou MOC – *Management of Change*, é exposta por todo processo e a revisão frequente do kit de ferramentas auxilia a manter os mesmos padrões previamente estabelecidos. Deve-se permitir tanto mudanças planejadas, quanto as de emergência.

Para o usuário da *IHM*, qualquer problema percebido na *interface* significa um problema em todo sistema. Antigamente as avaliações e mudanças eram focadas apenas no desempenho do computador. A partir do rápido desenvolvimento tecnológico, houveram avaliações limitadas ao sucesso ou não de uma tarefa realizada e, posteriormente, com o crescimento da complexidade dos processos de interação, a avaliação foi direcionada na relação homem e máquina.

Toda e qualquer mudança efetivada no ciclo de vida de uma *IHM* deve ser documentada. Conforme cita Wray (2014), procedimentos não documentados podem ser executados de maneira diferente por pessoas diferentes.

6 IHM DE ALTA PERFORMANCE E IEC 63303

6.1 Discussões e Exemplos

A *IEC 63303* possui características que podem auxiliar na quebra de desafios junto a *interfaces homem-máquina*, como o mapeamento de expectativas e implementação de melhorias; avaliação de desempenho; criação de diferentes níveis de visualização de dados; equalização de nível de conhecimento por parte dos usuários e a padronização do design para interpretação e uso de forma adequada do sistema.

A *performance* de uso também é destacada na implantação de *IHM* de alto desempenho, como o tempo e esforço do operador para acesso a telas; atualização em tempo real de todos *KPIs*; o tempo certo de ação do operador e feedback da *interface*.

A Tabela 2 relaciona o potencial de melhoria operacional baseada em *interfaces homem-máquina* de alto desempenho, no qual vinte e um operadores foram testados junto a telas tradicionais e telas com aplicação da *IEC 63303*:

Tabela 2 – Benefícios da Interface Homem-Máquina de Alta Performance

Atividade	Com IHM Tradicional	Com IHM de Alto Desempenho	Resultado
Detecção de situações anormais antes da ocorrência dos alarmes.	10% das vezes	48% das vezes	Um aumento de 5x
Percentual de sucesso em lidar com situações anormais.	70%	96%	37% sobre o caso base
Tempo para sair da situação anormal.	18.1min	10.6min	Redução de 41%

Fonte: Adaptado de Introdução à Norma ISA-101: Interfaces Homem-Máquina

O contraste de cores deixa claro a utilização da norma *IEC 63303*, que torna a *IHM de alta performance* mais eficiente, destacando ao usuário somente o que é de importância e determinadas anomalias. A padronização se faz necessária para que não se apresente

formas negativas de exibição e contrastes que prejudicam os limites cognitivos e sensoriais do homem, Figura 24.

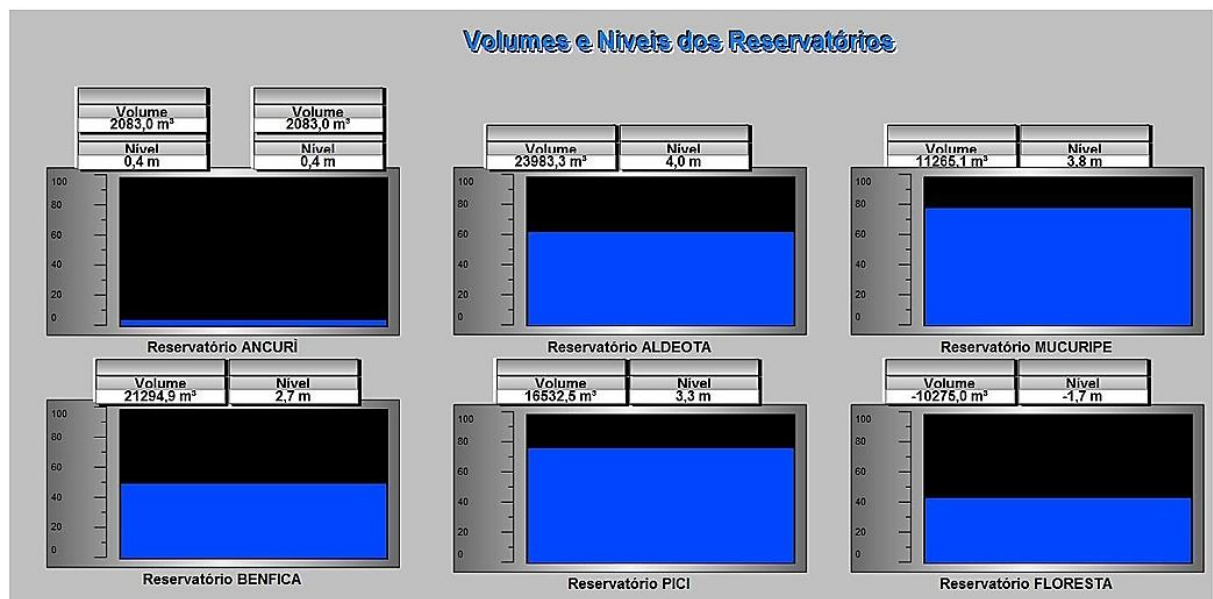


Figura 24 - Interface Homem-Máquina sem aplicação de ISA101
Fonte: HMI Alta Performance

A Figura 25 exemplifica cores boas e ruins para uso em *IHM de alta performance*:

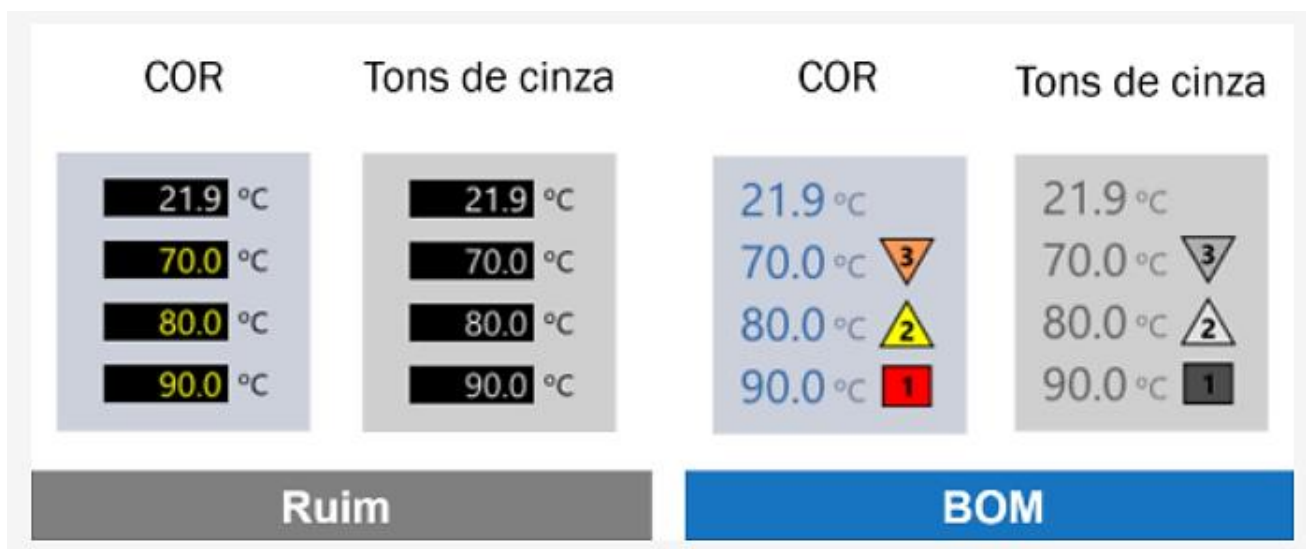


Figura 25 - Exemplo de representação de cores em IHM
Fonte: Metodologia para Desenvolvimento de IHMs de Alta Performance Visual, (2019)

Se é necessário o uso de cores apropriadas para representação de dados, onde se distinguem cores de uso “normal” e cores para “ênfase” de informações. Este padrão se baseia na aplicação da *IEC 63303* junto à *IHM de alta performance*, Figura 26.

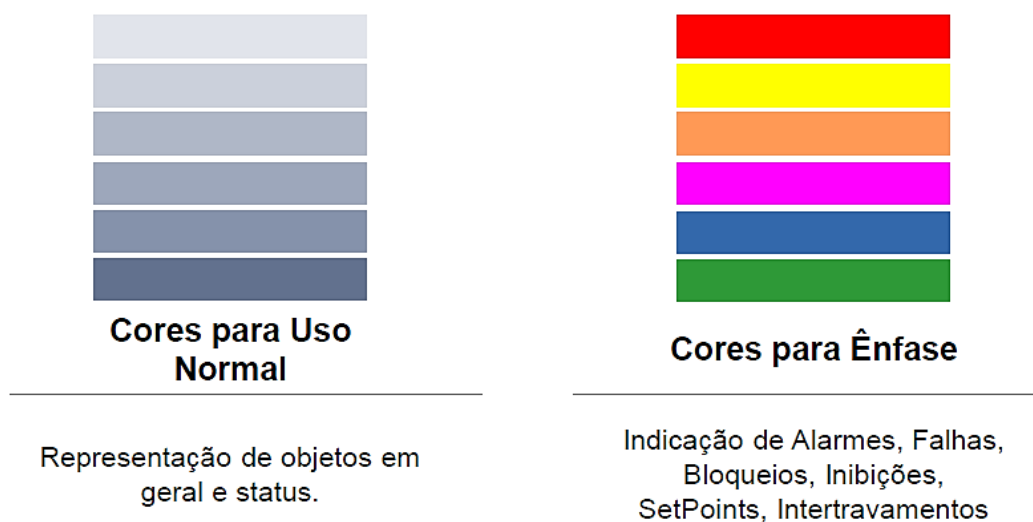


Figura 26 - Exemplo de Cores Para IHM
Fonte: Simpósio ISA, Sabesp (2016)

A interpretação das informações de forma parametrizada à *IEC 63303*, e de forma não parametrizada interfere na clareza de dados e tomada de decisão, Figura 27.

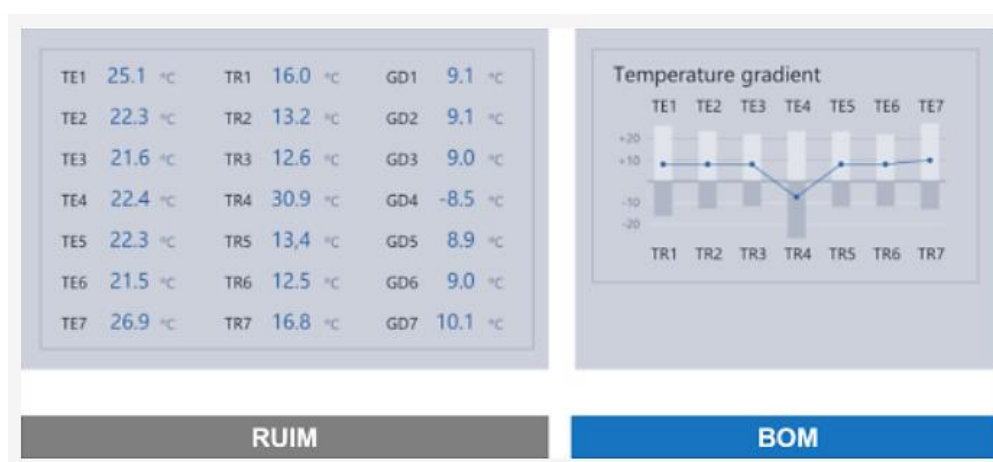


Figura 27 - Representação numeral de IHM
Fonte: Metodologia para Desenvolvimento de IHMs de Alta Performance Visual, (2019)

Cores em alto contraste e excesso de dados podem acarretar conflitos na interpretação de dados, ocasionando falhas na operação da *IHM* junto a seu usuário, Figura 28.

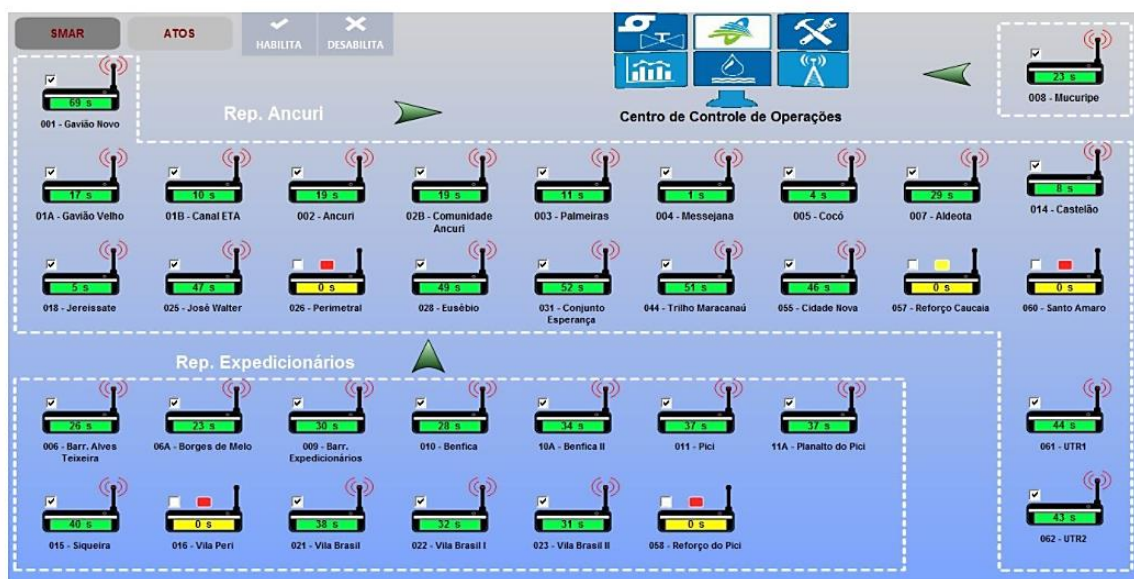


Figura 28 - Tela de IHM ultrapassada
Fonte: HMI Alta Performance

O excesso de conteúdos gráficos também pode prejudicar a interpretação do usuário, impossibilitando saber se tal operação está ou não favorável, Figura 29.

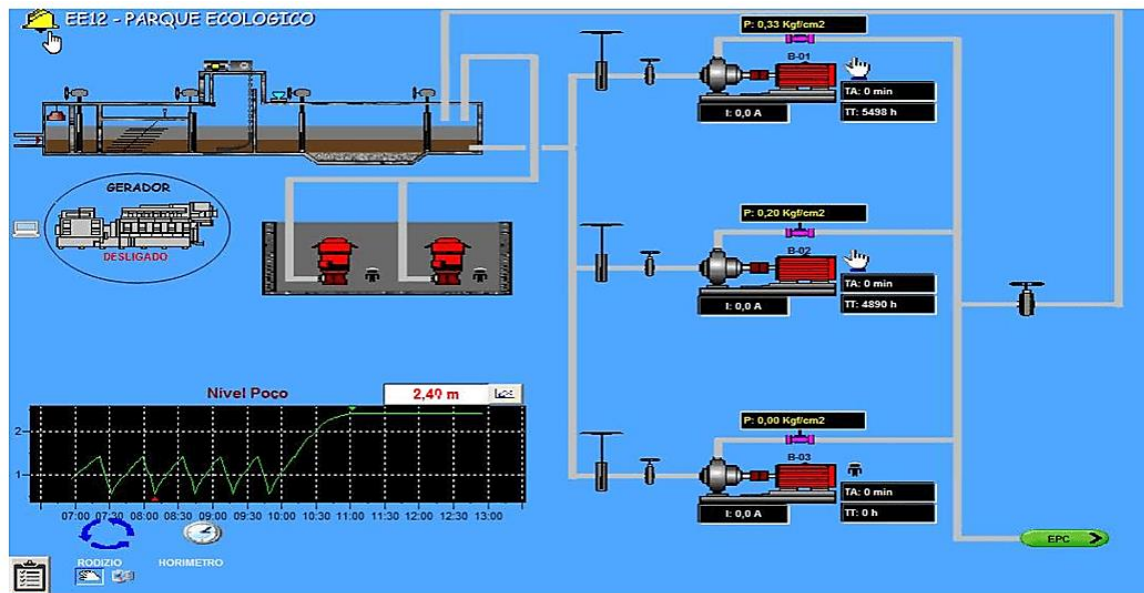


Figura 29 - Tela de IHM sem aplicação da norma ISA101
Fonte: HMI Alta Performance

Ambas as Figuras deixam a visualização difícil de ser interpretada, uma por falta de dados e a outra por excesso.

Abaixo exemplos nas Figuras 30 e 31 de usos do padrão *IEC 63303* em *IHM de alta performance*. Podemos perceber que há clareza de informações, cores sem alto contraste que prejudiquem os limites humanos, facilidade na distinção de estados positivos e negativos e, caso seja necessária alguma tomada de decisão, o operador não terá problemas para avaliação:



Figura 30 - Tela de operação IHM alta performance
Fonte: GE e Aviva (2018)

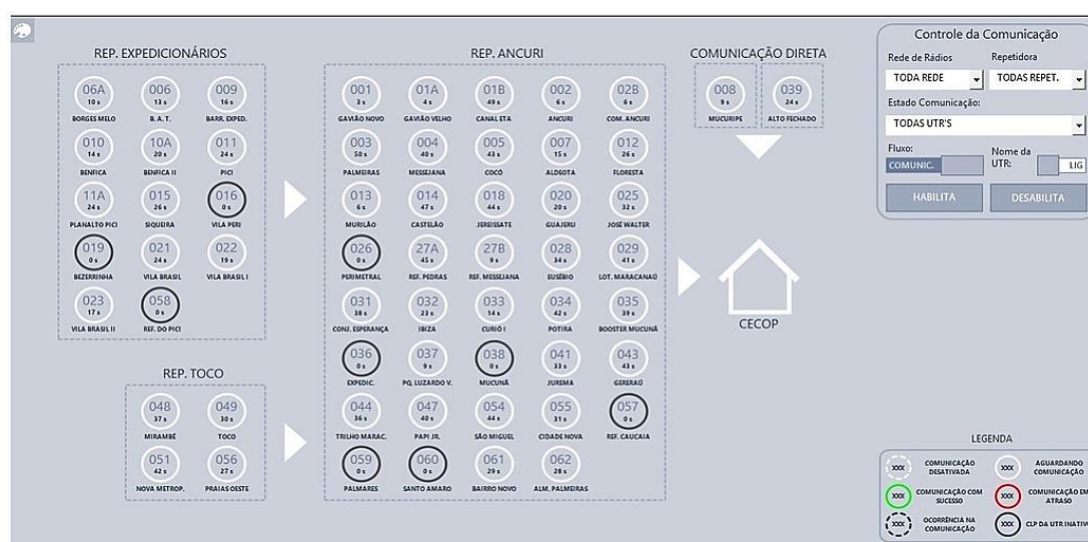


Figura 31 - Interface Homem-Máquina com aplicação de ISA101
Fonte: HMI Alta Performance

6.2 Considerações sobre Aplicação da IEC 63303 junto à IHM

A *interface* deve ser aderente à operação, não causando fadiga ou distrações ao operador com uso de esquemas complexos, objetos 3D ou alto uso de cores contrastantes. Visto que todo ciclo de vida de uma *interface de alta performance* junto à IEC 63303 é direcionado à ergonomia e limites cognitivos e sensoriais de seu usuário, os riscos de acidentes por falha humana são reduzidos ou controláveis em relação a uma *interface* que não possui uso da norma.

Ocorre neste processo o aumento da produtividade do usuário pois, sem danos à saúde humana e objetividade no manuseio de dados e tomadas de decisão, o rendimento no tempo de trabalho é superior. Consequentemente, o investimento da aplicação da norma é compensado com resultados otimizados e tem-se uma interação favorável da IHM junto à operação.

7 CONCLUSÃO

A *interface homem-máquina* é um sistema onde elementos diversos interagem com um único objetivo: otimização de resultados e acessibilidade na mudança de parâmetros. No campo de sistemas industriais, é imprescindível que os mesmos sejam instalados de forma otimizada e segura, e sejam operados com confiabilidade e eficiência. Apesar de haver um investimento inicial na implantação de uma *IHM de alta performance*, é notório o retorno econômico, visto aumento de *performance* e melhora na gestão de tomada de decisões. O sucesso destes investimentos também se relaciona com a forma de apresentação dos dados aos operadores e qualidade de trabalho contida nos consoles utilizados. Foi possível notar que através de uma padronização junto a *IEC 63303* referente ao design, a exibição de informações, atualização de processos operacionais e administrativos, entre outros parâmetros, pretende diminuir as ocorrências de erro humano junto à *IHM*. Avalia-se também uma equalização de nível de conhecimento entre seus usuários pela clareza de interpretar as informações.

As informações contidas nestes documentos podem contribuir com:

- Maior rapidez de consciência de um operador junto às interfaces;
- Melhor gestão na tomada de decisões em resposta a alarmes e ações corretivas;
- Maior eficiência operacional e equalização de trabalho;
- Diminuição de tempo de manutenções e custos inesperados;
- Menor incidência de erros humanos em acidentes de trabalho.

A padronização de *interfaces homem-máquina* com o uso da norma *IEC 63303* é extremamente benéfica para o desenvolvimento dos processos automatizados, e traz uma experiência mais dinâmica e segura ao usuário. Visto isto, seguem sugestões para trabalhos futuros que discorram mais sobre o tema e tragam mais possibilidades:

- Aplicação prática: elaboração de estudo em uma tela comumente utilizada e aplicar a norma *IEC 63303* para embasamento de informações;
- Estudo de caso: desenvolvimento entre os pontos positivos e negativos do uso da norma *IEC 63303* e o Ciclo Estrela de Hix e Hartson (1993).

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSI/ISA-101.01-2015, Human-Machine Interfaces for Process Automation Systems.

ANSI – American National Standards Institute. Disponível em: <www.ansi.org>. Acesso abril/2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9241: Requisitos ergonômicos para o trabalho com dispositivos de interação visual: Parte 11: Orientações sobre usabilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

BARROS, D. L. P. **Teoria semiótica do texto**. São Paulo: Ática, 1990.

Castro, P. **“Introdução da Norma ANSI/ISA-101”**. Apresentação desenvolvida para o Grupo de Normas Técnicas da ISA Distrito 4 (2016).

DONDIS, Donis. **Sintaxe da linguagem visual**. 3. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

HILL, D. **Connecting Process Simulators to the Control Room**. Chemical Engineering, p. 34-37, Nov. 2010.

Hix, D. e Hartson, H.R. (1993). **Developing User Interfaces: Ensuring Usability Through Product and Process**. New York: John Wiley & Sons.

Hollifield B.; Oliver, D.; Nimmo, I.; Habibi, E. **The High-Performance HMI Handbook**, 360 Digital Books, Kalamazoo, 2008.

JACKSON, Richard; MACDONALD, Lindsey; FREEMAN, Ken. **Computer generated color: a practical guide to presentation and display**. New York: John Wiley & Sons, 1994.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MILLER, P. H.; MILLER, S. A. **Desenvolvimento cognitivo**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 1999.

MINAYO, Maria Cecília de S. **O desafio da pesquisa social**. In: ____ (org.); DESLANDES, Suely F.; GOMES, Romeu. *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. 28. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2009, p. 9-29.

PAIOLA C.E.G; ROCHA, E.H; RODRIGUES, A.C. **A Importância das Normas de Automação para a Indústria 4.0**. Congresso brasileiro de instrumentação, sistemas e automação – COBISA. Unicamp, 2019.

PIAGET, Jean. **A epistemologia genética**. In: **Os Pensadores**. São Paulo: Abril Cultural, 1983a.

PEDROSA, Israel. **Da cor à cor inexistente**. 9. ed. Rio de Janeiro: Léo Christiano Editorial Ltda., 2003.

PREECE, Jennifer; ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen. **Design de interação: além da interação homem-computador**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ROCHA, Helóisa Vieira; BARANAUSKAS, Maria Cecília Calani. **Design e avaliação de Interfaces Humano-Computador**. Campinas: UNICAMP, 2003.

SE. **Out of Control: Why systems Go Wrong and How to Prevent Failure**. 2. Noewich: HSE Books, 2003

VILLAFANE, Justo; MINGUEZ, Norberto. **Principios de teoría general de la imagen**. Madrid: Ed. Pirámide, 2000.

Sites eletrônicos consultados:

ABB reinventa controle de processo com nova geração de interfaces homem-máquina. Disponível em: <<https://new.abb.com/news/pt-br/detail/38923/abb-reinventa-controle-de-processo-com-nova-geracao-de-interfaces-homem-maquina>>. Acesso maio/2021.

A Interface de Usuário do Programa de Instalação em Modo Texto. Disponível em: <http://web.mit.edu/rhel-doc/4/RH-DOCS/rhel-ig-ppc-multi-pt_br-4/s1-guimode-textinterface.html>. Acesso abril/2021.

ANSI / ISA-62381-2011 (IEC-62381 Modificado), **Sistemas de automação na indústria de processo - Teste de aceitação de fábrica (FAT), Teste de aceitação do local (SAT) e Teste de integração do local (SIT).** Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/12597/abnt-nbriec62381-sistemas-de-automacao-de-processos-industriais-testes-de-aceitacao-em-fabrica-taf-testes-de-aceitacao-em-campo-tac-e-testes-de-integracao-em-campo-tic>>. Acesso abril/2021.

ARAGÃO, Fábio. **Noções Básicas Segurança de Processo.** Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/FbioArago/noes-bsicas-sepro-cascaes-rev>>. Acesso em abril, 2021.

Áudio Digital. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/mt/audiodigital/m01.htm>>. Acesso abril/2021.

Blogdigidad – Conhecimento, Tecnologia e Evolução. Disponível em: <<https://blogdigidad.wordpress.com/2015/11/18/conhecimento-tecnologia-e-evolucao/>>. Acesso junho/2021.

Brasil Logic Sistemas - **Regulamentando a Interface Homem-máquina: Conheça a ISA 101.** Disponível em: <<http://www.blsistemas.com.br/regulamentando-a-interface-homem-maquina-conheca-a-isa-101/>>. Acesso abril/2021.

Ergonomia Aplicada. Interface Homem-Máquina, (2007). Disponível em: <<http://ergonomiaaplicada.blogspot.com/2007/10/interface-homem-mquina.html>>. Acesso março/2021.

FITZPATRICK, B. A. **ISA 101 and HMI Workshop**. Encontro Internacional MESA Knows, 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/Wwk9QN>>. Acesso março/2021.

GE, 2018. **GE Digital HMI and SCADA**. Disponível em: <<https://www.ge.com/digital/applications/hmi-scada>>. Acesso abril/2021.

HMI Alta Performance. Disponível em: <<https://forum.elipse.com.br/t/hmi-alta-performance/497/4>>. Acesso abril/2021.

NÄHR, Marcos. **Design: não são os olhos, é o cérebro que vê**. Disponível em: <<http://webinsider.uol.com.br/index.php/2004/08/25/design-nao-saooos-olhos-e-o-cerebro-que-ve>>. Acesso abril/2021.

Introdução à Norma ISA-101: Interfaces Homem-Máquina. Disponível em: <<http://isasp.org.br/wp-content/uploads/2020/01/ISA-101-III-Simp%C3%B3sio-ISA-S%C3%A3o-Paulo-Sabesp-Nov2016.pdf>>. Acesso abril/2021.

Intech, 2020. Disponível em: <<https://intechdigital.isa.org/publication/?i=675705&p=48&pp=1&view=issueViewer>>. Acesso maio/2021.

Intech, ISA-101.01, Human Machine Interfaces for Process Automation Systems. Disponível em: <<https://www.isa.org/intech/2020/september-october/isa-101-01-human-machine-interfaces-for-process-au>>. Acesso maio/2021.

ISA, About ISA. Disponível em: <<https://www.isa.org/about-isa/>>. Acesso março/2021.

ISO11064-5 (2008). **Ergonomic design of control centres — Part 5: Displays and controls**. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/44691.html>>. Acesso abril/2021.

RABELLO, Rodrigo. **História dos conceitos e Ciência da Informação: Apontamentos teórico-metodológicos para uma perspectiva epistemológica.** Encontros Bibli, Florianópolis, n. 26, 2º sem. 2008. Disponível em: < <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/1829/6932>>. Acesso abril/2021.

Revolução 4.0 oferece redução de custos e segurança maior. Disponível em: <<https://www.quimica.com.br/revolucao-4-0-oferece-reducao-de-custos-e-seguranca-maior/>>. Acesso maio/2021.

Metodologia para Desenvolvimento de IHMs de Alta Performance Visual, (2019). Disponível em: <<https://kb.elipse.com.br/metodologia-para-desenvolvimento-de-ihms-de-alta-performance-visual/>> . Acesso abril/2021.

Torneira de Água Instantânea. Disponível em: <<https://importecasaedjardim.com.br/aquecedores-de-agua-eletricos-casa-cozinha-toque-torneira-de-agua-quente>>. Acesso junho/2021

Validação de Sistemas Computadorizados - GAMP, 2013. Disponível em: <<http://boaspraticasnet.com.br/validacao-de-sistemas-computadorizados-gamp5/>>. Acesso abril/2021.

Vetor Disquete. Disponível em <<https://pt.vecteezy.com/arte-vetorial/344276-icone-de-linha-de-disquete-ilustracao-plana-de-vetor-de-disquete>>. Acesso abril/2021.

WRAY, B. **ISA106 and the Importance of Automating Manual Procedures.** Intech Magazine, 2014. Disponível em: <<https://www.isa.org/intech/20141201/>>. Acesso abril/2021.