

Trabalho 1 - Tecnologias e Tendências

IHM em sistemas críticos

**Usabilidade e segurança em aviação, medicina
e indústria automotiva**

André Souza / 16-

Danilo Matos / 16-

Víctor Dias Frota / 16-99988

Professora: Cristina Maria Valadares de Lima

Disciplina: Interface Homem Máquina

Turno: Noturno

Divinópolis
Outubro de 2025

Sumário

- 1. Definição e conceitos fundamentais**
- 2. Evolução e contexto histórico**
- 3. Tecnologias e métodos envolvidos**
- 4. Aplicações práticas e exemplos reais**
- 5. Benefícios e desafios**
- 6. Perspectivas futuras e tendências**
- 7. Conclusão**
- 8. Lições aprendidas**
- 9. Referências bibliográficas**

1. Definição e Conceitos Fundamentais

A Interface Homem Máquina (IHM), é o meio pelo qual ocorre a comunicação entre o usuário humano e um sistema computacional. Seu principal objetivo é permitir que o usuário monitore, controle e interaja com o sistema de maneira eficiente, intuitiva e segura. Em ambientes de operação complexos, como aviação, medicina e indústria automotiva, a IHM assume papel essencial, pois o desempenho do sistema depende diretamente da clareza, da precisão e da confiabilidade da interface apresentada ao usuário.

Um sistema crítico é aquele cuja falha pode resultar em consequências severas, como risco à vida humana, danos ambientais ou perdas econômicas significativas. Por esse motivo, as IHMs desenvolvidas para esse tipo de sistema precisam atender a critérios rigorosos de segurança, confiabilidade e disponibilidade. Nessas aplicações, a interface não apenas apresenta informações, mas também atua como parte integrante da segurança operacional, prevenindo erros humanos e auxiliando na tomada de decisão rápida em situações de emergência.

A usabilidade é um conceito central na engenharia de interfaces e refere-se à facilidade com que um usuário consegue interagir com o sistema para alcançar seus objetivos. De acordo com a norma ISO 9241-210, a usabilidade envolve fatores como eficácia, eficiência e satisfação. Em sistemas críticos, a usabilidade está diretamente ligada à redução de falhas humanas, ou seja, quanto mais intuitiva e consistente a interface, menor a probabilidade de erro.

Outro conceito essencial é o de segurança funcional, definido pela norma IEC 61508 como a capacidade de um sistema executar suas funções de maneira segura, mesmo diante de falhas internas ou externas. No contexto das IHM, isso significa garantir que os elementos de interface (alertas, mensagens, comandos e indicadores) sejam confiáveis, compreensíveis e priorizem a resposta rápida do operador.

Portanto, uma IHM eficaz em sistemas críticos deve equilibrar usabilidade, desempenho e segurança, garantindo que o operador tenha acesso às informações corretas, no momento certo, e em formato que facilite a ação imediata. A negligência em qualquer um desses aspectos pode comprometer não apenas a eficiência operacional, mas também a integridade física e a vida humana.

2. Evolução e Contexto Histórico

A evolução das IHMs em sistemas críticos está diretamente ligada à necessidade de confiabilidade, segurança e precisão em ambientes onde erros humanos ou falhas de interface podem resultar em consequências graves, como perda de vidas ou danos materiais significativos. Desde o surgimento dos primeiros sistemas automatizados na aviação, medicina e indústria automotiva, o papel da interface tornou-se um fator determinante para o sucesso operacional e a segurança do usuário.

Na aviação, o desenvolvimento de interfaces críticas começou na década de 1940, durante a Segunda Guerra Mundial, com a introdução de painéis de controle analógicos e instrumentação mecânica. Na época, o foco era puramente técnico, sem grande preocupação com a carga cognitiva do piloto. Nas décadas de 1970 e 1980, o avanço dos sistemas eletrônicos e dos *displays* digitais permitiu o surgimento do conceito de *glass cockpit*, onde informações essenciais são consolidadas em telas multifuncionais. Esse marco representou a transição de um sistema centrado na máquina para um sistema centrado no operador, reduzindo o risco de erros e sobrecarga cognitiva.

Na medicina, as primeiras interfaces de equipamentos hospitalares também eram limitadas e pouco intuitivas. Nos anos 1980, com o crescimento da automação e da informática médica, surgiram os sistemas de monitoramento em tempo real, exigindo uma nova abordagem de *design*. A partir dos anos 2000, o foco passou a incluir usabilidade e segurança do paciente, levando à criação de normas e padrões como a IEC 62366, que define requisitos de engenharia de usabilidade para dispositivos médicos. Essa evolução mostrou que uma interface mal projetada pode causar interpretações erradas e comprometer decisões clínicas.

Na indústria automotiva, a IHM evoluiu de painéis puramente mecânicos para sistemas digitais complexos, com a introdução de centrais multimídia, sensores de assistência e interfaces tátteis. A partir da década de 2010, com o avanço dos veículos autônomos e conectados, o desafio passou a ser o equilíbrio entre automatização e controle humano, garantindo que o motorista continue consciente do ambiente e capaz de intervir rapidamente em situações críticas.

De modo geral, a evolução da IHM em sistemas críticos reflete uma mudança de paradigma: do foco na funcionalidade técnica para o *design* centrado no ser humano. Hoje, o objetivo é criar interfaces que não apenas apresentem dados, mas apoiem decisões seguras e eficazes. A combinação de ergonomia, psicologia cognitiva, engenharia de *software* e normas de segurança tornou-se essencial para o desenvolvimento de sistemas confiáveis em áreas onde o erro não é uma opção.

3. Tecnologias ou Métodos Envolvidos

As IHMs em sistemas críticos dependem de um conjunto integrado de tecnologias e métodos que garantem eficiência, confiabilidade e segurança durante a operação. Essas tecnologias permitem a comunicação clara e precisa entre o usuário e o sistema, minimizando riscos de falha humana e aumentando a segurança operacional.

3.1 Tecnologias Utilizadas

- Displays digitais e multifuncionais: Em aviação e veículos automotivos, telas de alta resolução concentram informações essenciais, reduzindo a dispersão de atenção do operador.

- Sensores e atuadores: Equipamentos críticos dependem de sensores para monitorar condições do ambiente e do sistema. Atuadores permitem respostas automáticas, como ajustes de sistemas de voo ou freios automáticos em carros.
- Interfaces tátteis, gestuais e por voz: Tecnologias de toque, reconhecimento de gestos e comando por voz reduzem a necessidade de interação manual direta, aumentando a rapidez e a segurança do operador em situações críticas.
- Sistemas embarcados e conectividade: Processamento em tempo real, comunicação segura e integração com outros sistemas permitem que informações críticas sejam entregues ao usuário sem atrasos, reduzindo o risco de decisões erradas.
- Inteligência Artificial e aprendizado de máquina: Algoritmos avançados podem detectar padrões de operação e antecipar situações de risco, fornecendo alertas ou ações automáticas para prevenir falhas.

3.2 Métodos de Projeto e Avaliação

- *User-Centred Design* (UCD): A metodologia UCD prioriza as necessidades, limitações e capacidades do usuário durante todas as fases do desenvolvimento, garantindo que a interface seja intuitiva, clara e eficiente.
- Ergonomia cognitiva e fatores humanos: Avaliam como os operadores percebem, processam e respondem às informações. Ferramentas como análise de carga de trabalho mental e avaliação de tempo de reação ajudam a reduzir erros.
- Prototipagem e testes de usabilidade: Protótipos interativos permitem simular operações críticas e testar a interface com usuários reais antes da implementação final, identificando falhas potenciais de forma antecipada.
- Normas e padrões de segurança: IEC 61508 (segurança funcional), IEC 62366 (usabilidade em dispositivos médicos) e *FAA Human Factors Design Standard* fornecem diretrizes para projetar interfaces seguras, confiáveis e compatíveis com requisitos críticos de operação.

3.3 Integração Tecnológica e Metodológica

A eficácia de uma IHM em sistemas críticos depende da sinergia entre tecnologias avançadas e métodos de *design* centrados no usuário. A tecnologia oferece a capacidade de coletar e processar informações rapidamente, enquanto os métodos de *design* garantem que essas informações sejam apresentadas de forma clara e acionável, permitindo decisões rápidas e precisas do operador.

Portanto, a combinação de *hardware* avançado, *software* confiável, normas de segurança e princípios de usabilidade forma a base para IHM em sistemas críticos, onde o objetivo central é minimizar erros humanos e maximizar a segurança e eficiência.

4. Aplicações Práticas e Exemplos Reais

4.1 Aviação

Na aviação, as IHMs são empregadas em cabines digitais (*glass cockpits*), onde múltiplas telas apresentam informações sobre navegação, motores, clima e comunicações. Esses sistemas permitem que o piloto tenha consciência situacional completa, com dados integrados e alarmes visuais e sonoros que auxiliam na tomada de decisão.

Um exemplo notável é o *Airbus A350 XWB*, que utiliza um conjunto de telas multifuncionais de alta resolução, integradas ao sistema de controle *KCCU (Keyboard and Cursor Control Unit)*, permitindo a navegação entre informações e comandos de forma rápida e ergonômica.

Outro exemplo é o sistema *EICAS (Engine Indicating and Crew Alerting System)*, utilizado em aeronaves da *Boeing*, que centraliza alertas e parâmetros de motor, permitindo reações rápidas em emergências.

4.2 Medicina

Na área médica, a IHM está presente em equipamentos como monitores multiparamétricos, respiradores, bombas de infusão e sistemas cirúrgicos robotizados.

Um exemplo prático é o sistema cirúrgico *Da Vinci*, que utiliza uma interface avançada com controles ergonômicos e visualização tridimensional para permitir cirurgias minimamente invasivas com alta precisão.

Outro exemplo é o uso de interfaces táteis e alertas inteligentes em monitores de UTI, que reduzem a fadiga cognitiva dos profissionais de saúde e priorizam alarmes críticos para evitar confusão em ambientes ruidosos.

4.3 Indústria Automotiva

Na indústria automotiva, as IHMs modernas combinam painéis digitais, comandos por voz e sensores inteligentes para otimizar a interação do condutor com o veículo sem comprometer a segurança.

Um exemplo é o sistema *Tesla Autopilot*, que fornece ao motorista informações em tempo real sobre o ambiente e o status do veículo, além de exigir confirmação humana em decisões críticas.

Outro caso é o sistema *Head-Up Display* (HUD), utilizado por fabricantes como *BMW* e *Audi*, que projeta informações essenciais, como velocidade e navegação, diretamente no para-brisa, evitando que o condutor desvie o olhar da pista.

5. Benefícios e Desafios

5.1 Benefícios

- Aumento da segurança operacional: as interfaces inteligentes monitoram constantemente o estado dos sistemas e alertam o usuário sobre falhas.
- Melhor usabilidade e redução da carga cognitiva: interfaces intuitivas facilitam a interpretação de dados complexos, permitindo que o operador tome decisões mais rápidas e precisas.
- Integração homem-máquina mais eficiente: tecnologias como *touchscreens*, comandos por voz e sistemas de realidade aumentada aproximam o controle humano das respostas do sistema.
- Padronização e consistência: em setores como a aviação e a medicina, normas garantem coerência e previsibilidade nas interações.

5.2 Desafios

- Risco de falhas de interface: erros de design podem levar a interpretações incorretas e ações perigosas, especialmente em situações de emergência.
- Complexidade crescente dos sistemas: quanto mais automatizados e interconectados são os sistemas, maior é a dificuldade de manter uma interface simples e compreensível.
- Fatores humanos: diferenças cognitivas, fadiga e estresse afetam diretamente a capacidade de interação do usuário, podendo comprometer a segurança.
- Cibersegurança: à medida que as IHMs se tornam mais conectadas, aumenta a vulnerabilidade a ataques cibernéticos que podem comprometer a integridade do sistema.

6. Perspectivas Futuras e Tendências

O futuro das IHMs em sistemas críticos está fortemente ligado à automação inteligente, inteligência artificial e integração multimodal. A tendência é que as interfaces se tornem mais adaptativas, capazes de reconhecer o estado físico e emocional do usuário e ajustar o comportamento do sistema de acordo com o contexto operacional.

Na aviação, o foco está em *cockpits* inteligentes com interfaces baseadas em *machine learning*, que podem prever falhas e oferecer suporte à decisão em tempo real. A integração entre sistemas autônomos e humanos deve reduzir o erro operacional e aumentar a segurança de voo.

Na medicina, o uso de realidade aumentada (AR) e realidade virtual (VR) em cirurgias e treinamentos já é uma realidade, e deve se expandir com sistemas capazes de fornecer feedback háptico e visual em tempo real. O avanço de robôs cirúrgicos com interfaces mais intuitivas deve tornar os procedimentos menos invasivos e mais seguros.

Na indústria automotiva, o desenvolvimento de veículos autônomos e displays inteligentes, como o *BMW Panoramic Vision*, aponta para uma integração total entre o motorista e o sistema. As IHMs deverão atuar como mediadoras entre a inteligência do veículo e a supervisão humana, garantindo controle e segurança mesmo em cenários de automação avançada.

Em geral, a tendência é que as IHMs evoluam de sistemas reativos para sistemas proativos e cognitivos, nos quais o computador comprehende e antecipa as intenções humanas, tornando a interação mais natural, eficiente e segura.

7. Conclusão

As IHMs desempenham um papel essencial em sistemas críticos, onde a usabilidade e a segurança determinam o sucesso ou fracasso de uma operação. A evolução dessas interfaces ao longo das últimas décadas demonstrou que o foco em fatores humanos é indispensável para evitar falhas catastróficas e otimizar o desempenho dos operadores.

Nos setores de aviação, medicina e indústria automotiva, as IHMs passaram de sistemas puramente informativos para plataformas interativas e inteligentes. A integração com tecnologias emergentes, como a inteligência artificial, aprendizado de máquina e realidade aumentada, redefine o modo como o ser humano controla e supervisiona sistemas complexos.

Apesar dos avanços, permanece o desafio de equilibrar automação e supervisão humana, garantindo que o operador continue sendo o elemento central de controle em situações críticas. Assim, o futuro das IHMs depende de um design centrado no ser humano, sustentado por normas técnicas, ética e segurança digital.

8. Lições Aprendidas (Pessoal e Profissional)

A análise das IHMs em sistemas críticos permitiu compreender que:

- A usabilidade é tão importante quanto a funcionalidade: uma interface mal projetada pode comprometer todo o sistema.

- O fator humano deve ser considerado desde a concepção até os testes do sistema.
- Padronização e ergonomia cognitiva são essenciais para reduzir erros em ambientes de alta complexidade.
- O avanço tecnológico só é benéfico quando acompanhado de testes rigorosos de confiabilidade e segurança.
- A interação homem-máquina ideal é aquela em que a tecnologia suporta o operador, mas não o substitui completamente.

Essas lições evidenciam que o desenvolvimento de IHMs eficazes em contextos críticos requer um equilíbrio entre inovação, segurança e responsabilidade, com foco constante na experiência e no desempenho humano.

9. Referências Bibliográficas

1. ISO. *ISO 9241-210:2019 — Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems*. Geneva: ISO, 2019. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/77520.html>
2. IEC. *IEC 61508 — Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*. Genebra: IEC. Disponível em: <https://www.iec.ch/functional-safety>
3. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION – IEC. *IEC 62366: Medical devices – Application of usability engineering to medical devices*. Geneva: IEC, 2007. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/63179.html>
4. JOHNSON, C. *Designing for safety-critical human-computer interaction. Applied Ergonomics*, v. 34, n. 6, 2003.
5. Preece, J.; Rogers, Y.; Sharp, H. *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. 5. ed. Hoboken: Wiley, 2019.
6. FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION – FAA. Human Factors Design Standard (HFDS). Washington, D.C.: FAA, 2016. Disponível em: https://hf.tc.faa.gov/publications/2016-12-human-factors-design-standard/full_text.pdf
7. AIRBUS S.A.S. *FAST – Flight Airworthiness Support Technology: Special edition A350 XWB*. Toulouse: Airbus S.A.S., Junho 2013. Disponível em: https://aircraft.airbus.com/sites/g/files/jlcpta126/files/2022-04/FAST_specialA350.pdf

8. SKYBRARY AVIATION SAFETY. *Engine Indicating and Crew Alerting System (EICAS)*. [S.l.]: SKYbrary, 2021-2025. Disponível em:
<https://skybrary.aero/articles/engine-indicating-and-crew-alerting-system-eicas>
9. INTUITIVE SURGICAL. *Da Vinci Surgical System – Technology Overview*. Sunnyvale, CA: Intuitive Surgical Inc., 2022. Disponível em:
<https://www.intuitive.com/en-us/products-and-services/da-vinci>
10. TESLA. *Autopilot and Full Self-Driving Capability*. Palo Alto, CA: Tesla Inc., 2024. Disponível em: <https://www.tesla.com/autopilot>
11. BMW GROUP. *The BMW Panoramic Vision: New head-up display across the entire width of the windscreen will be in series production in 2025*. München: BMW Group, 15 mar. 2023. Disponível em:
<https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0410802EN/the-bmw-panoramic-vision:-new-head-up-display-across-the-entire-width-of-the-windscreen-will-be-in-series-production-in-2025?language=en>