

A RELAÇÃO ENTRE ALERTAS DE INTERFACE E COMPLACÊNCIA NA INTERAÇÃO HUMANO-AUTOMAÇÃO: UMA ANÁLISE TEÓRICA

RELATIONSHIP BETWEEN INTERFACE ALERTS AND COMPLACENCY ON HUMAN-AUTOMATION INTERACTION: A THEORETICAL APPROACH

Rafael Cirino Gonçalves¹, Mestrando, Bolsista Capes
Manuela Quaresma², D.Sc.

- (1) LEUI | Laboratório de Ergodesign e Usabilidade de Interfaces - PUC- Rio
email: rafaelcirinogoncalves@gmail.com
- (2) LEUI | Laboratório de Ergodesign e Usabilidade de Interfaces - PUC-Rio
email: mquarsma@puc-rio.br

Interação humano-automatização, Complacência, Comportamento do usuário

O objetivo deste artigo foi realizar uma análise teórica do fenômeno da complacência do usuário de sistemas automatizados sob a perspectiva da teoria de detecção de sinais e do behaviorismo radical. Buscou-se com isso entender o papel do design de interação na formação do comportamento de vigília do usuário durante uma tarefa automatizada. Os resultados deste estudo apontam para um impasse teórico que impossibilita a generalização de uma abordagem ideal de interface para a construção de sistemas autônomos. Conclui-se que uma comunicação constante pode levar à saturação dos estímulos de interface, da mesma forma que uma comunicação discreta pode levar a uma extinção do comportamento de vigília do usuário. Novos estudos empíricos são necessários para modelar o fenômeno nos diferentes casos específicos em que se aplica.

Human-Automation Interaction, Complacency, Users' Behavior

The goal of this paper was to conduct a theoretical analysis of the phenomenon of users' complacency over automated systems in the perspective of the signal detection theory and the radical behaviorism. This study looked for the comprehension of the role of interaction design in users' vigilant behavior during an automated task. The results pointed out to a theoretical conflict that impedes the generalization for the best practices in automation interface design. It can be concluded that constant communication can lead to the saturation of the interface stimuli, in the same way, a more discrete communication approach can lead to a behavioral extinction of the vigilant behavior. More empirical studies are needed to model the different cases applicable.

1. Introdução

A chegada de sistemas automatizados tem trazido novos paradigmas para a área da ergonomia, principalmente no que tange o papel do humano no desenvolvimento da tarefa. De acordo com Parasuraman & Sheridan (2005), a inserção de elementos automatizados faz com que o humano deixe de ser o realizador operacional da tarefa e assuma um papel supervisor de vigília do funcionamento do sistema. Dentro desta lógica, o usuário precisa estar atento à atividade do sistema para identificar anomalias e poder intervir corretamente caso preciso.

De acordo com a teoria de detecção de sinais (SDT - *Signal Detection Theory*) em Ritter *et al.* (2014), a capacidade humana de atentar para sinais e

elementos providos pelo ambiente está sobre constante mutação baseada nas condições em que o indivíduo se encontra, de forma a necessitar de um estímulo uma maior ou menor intensidade para que se torne uma saliência. Adequando esta teoria ao escopo da automação, é de se entender que a capacidade de um usuário de identificar uma anomalia no sistema pode variar ao longo da tarefa a depender dos cenários que lhe forem apresentados.

Parasuraman & Manzey (2010) afirmam que após longa exposição a uma tarefa automatizada, a capacidade de vigília de um usuário é gradativamente reduzida, fenômeno este chamado de complacência. Skinner (1953) define a atenção como a capacidade de uma pessoa para reagir a um estímulo apresentado pelo ambiente. O autor também afirma que quando tal comportamento não é devidamente estimulado, acaba se extinguindo. Em

outras palavras, a retirada das funções operacionais de uma pessoa dentro de uma tarefa, caso não seja devidamente remediada, acaba por reduzir as capacidades de vigília do usuário sob o funcionamento do sistema automatizado.

Dentro dessa lógica, versa-se a favor da ideia que uma interface de comunicação humano-automação bem projetada pode colaborar para a redução do fenômeno de complacência do usuário, uma vez que o mesmo pode garantir um estímulo constante à percepção do usuário sobre a tarefa. Da mesma forma, uma série de alertas incoerentes ou excessivos podem saturar a percepção de um determinado fenômeno e acelerar o processo de complacência.

Este artigo apresenta uma reflexão teórica sobre o uso de alertas de sistemas automatizados para a redução da complacência do usuário à luz de duas bases teóricas: A teoria de detecção de sinais e o Behaviorismo radical.

2. Teorias para a comunicação humano-automação

2.1 HAI - Interação Humano-Automação (Human Automation Interaction)

Antes de mais nada, para que se possa iniciar a reflexão proposta por este trabalho, faz-se necessário definir categoricamente o conceito de automação e autonomia, em seus diferentes campos de aplicação tal qual a forma a que será utilizado neste estudo.

De acordo com Parasuraman & Sheridan (2005), por definição, o título de automação pode ser atribuído a todo e qualquer sistema que realiza determinada tarefa de forma completa ou parcial sem a necessidade de ação direta de um ser humano na realização de seus processos. De acordo com os mesmos autores, o conceito pode também ser definido em outras 4 vertentes, sendo elas: a) mecanização e integração de leituras de variáveis contextuais; b) processamento de dados e tomada de decisão por parte de computadores; c) ação mecânica que aplica força sobre determinado ambiente; d) ação informacional pela comunicação de informação processada para o usuário. Dentro deste ensaio, será considerada a definição mais ampla do conceito, principalmente por abarcar as 4

posteriores em diferentes ambientes e tarefas onde a automação se aplica. Em outras palavras, a questão central do conceito de um sistema autônomo, dentro da perspectiva da ergonomia, reside na questão do fator humano laboral não ser mais necessário para se alcançar os objetivos de uma tarefa.

Em estudos clássicos de ergonomia (MORAES & MONT'ALVÃO, 2012; CHAPANIS, 1959; PROCTOR & VU, 2006 APUD SALVENDI; FITTS, 1947) a análise da tarefa era feita com base na tríade Humano-Tarefa-Máquina, onde o homem, detentor da capacidade manual e técnica, atinge os seus objetivos sobre determinada tarefa, a partir de acionamentos mecânicos ou informacionais, em determinada máquina - como pode ser visto no modelo descrito por Proctor & Vu (2006) (Figura 1).



Figura 1 - Modelo Homem-Tarefa-Máquina de Proctor & Vu (2006) (tradução dos autores)

Estudos pioneiros no campo da ergonomia estabelecem um novo modelo para caracterizar os processos que ocorrem durante a Interação Humano-Automação, à medida que o humano não mais é o ator primário na realização das tarefas a serem exercidas. Dentro desta nova conjuntura, entende-se que a máquina - ou sistema automatizado - assume o papel operacional da tarefa, realizando atividades laborais com precisão e agilidade muito acima da capacidade humana. Em contrapartida, de acordo com Norman (2009) e Wickens *et al.* (2010), tais sistemas carecem de capacidades de tomada de decisão por não contarem com um potencial de abstração semântica para leitura crítica de situações complexas. Em outras palavras, leituras numéricas de sensores não são capazes de modelar os diferentes cenários em que devem atuar, e por sua vez, julgar qualitativamente quais passos devem ser seguidos para o bom andamento da tarefa em cada situação - principalmente em casos de falha mecânica ou emergência. Por outro lado, o humano/usuário deste sistema, apesar de não possuir capacidades motoras para realizar a tarefa por si só com a mesma eficiência, possui plenas capacidades

de pensamento crítico e estratégico, se tornando então responsável por identificar os objetivos da tarefa; orientar as atividades a serem realizadas e observar o andamento do processo, sem a necessidade de intervenção, a não ser em caso de falha.

Parasuraman & Sheridan (2005) e Dekker (2004) definem este novo paradigma de interação como paradigma do controle supervísório (*supervisory control paradigm*), tal qual delimita estritamente os papéis de cada um dos indivíduos - humano e automação - dentro da tarefa, baseado em suas capacidades e limitações. Sob a perspectiva do usuário, o estado de controle supervísório pode ser subdividido em 5 passos (PARASURAMAN & SHERIDAN, 2005; DEKKER, 2004): a) planejamento da atividade *offline*; b) programação e orientação do sistema; c) monitoramento do sistema automatizado durante a execução da tarefa; d) interferência na ação do sistema (caso haja algum erro de funcionamento); e) aprendizado com a experiência. Dentro da perspectiva do sistema automatizado, pesquisadores (YOUNG, 2012; DEGANI, 2004; HSE, 2003; PARASURAMAN & SHERIDAN, 2005) definem etapas similares para o seu funcionamento operacional, sendo elas: a) observação de uma variável; b) orientação desta variável de acordo com os limiares relevantes; c) decisão da ação necessária de acordo com o cenário observado; d) execução da ação.

Em suma, podemos resumir que a automação retirou o foco do humano como agente operacional da tarefa, realocando-o para um papel de vigília. Como já dito por Parasuraman *et al.* (2000), a inserção de funções automatizadas na atividade humana não apenas muda a forma como a tarefa é feita, mas muda completamente seu contexto, de forma que não podemos mais enxergar o fenômeno com os mesmos olhos. Questões como esforço biomecânico do operador, capacidade técnica de realização da tarefa passam a assumir menor peso frente a variáveis novas, tais quais a monotonia de monitoramento, consciência da situação e confiança nas capacidades do sistema autônomo.

Analisando a interação entre cada um dos processos, fica evidente que todas as etapas de ambos os lados estão intimamente interligadas, de forma que a falha em qualquer um dos processos de ambas as partes - humano e automação - compromete severamente o

andamento da tarefa. Ou seja, caso o sistema apresente problemas e o usuário seja incapaz de percebê-los, a tarefa como um todo fica comprometida.

Como já dito algumas vezes anteriormente, sistemas automatizados possuem um nível de precisão e velocidade operacional muito maior do que a capacidade de qualquer ser humano, porém carecem de capacidades abstrativas qualitativas para avaliar cenários complexos. Tal limitação conceitual é a principal barreira para a independência completa de sistemas automatizados na realização de tarefas. Diversos autores (YOUNG, 2012; DEGANI, 2003; HSE, 2003; PARASURAMAN & SHERIDAN, 2005) defendem que todas as ações feitas por sistemas automatizados estão subordinadas a uma ou mais variáveis numéricas, que em determinados valores são interpretadas como uma dada situação, sem necessariamente considerar erros de leitura ou fatores outros que possam apontar os mesmos valores em determinado sensor. Nesta mesma linha de raciocínio Norman (2009) defende que sistemas automatizados não são "inteligentes por si", seu modo de operação é simplesmente baseado em respostas pré-programadas a cenários definidos, o que os faz estarem sempre sujeitos a erros.

De acordo com HSE (2003), sistemas automatizados têm seu desempenho otimizado em ambientes definidos como determinísticos, ou seja, onde se tem noção de todos os elementos que compõem o ambiente e faz-se possível modelar todos os possíveis cenários onde deve-se atuar. O problema se faz presente quando um sistema automatizado é inserido em um ambiente probabilístico/estocástico. Em outras palavras, onde não se sabe exatamente tudo que pode ocorrer, fazendo com que toda a sua atuação seja baseada em uma aproximação a um modelo, porém incapaz de abarcar todos os cenários possíveis. Norman (2009) fala que o mundo real não pode ser meramente descrito por números, levando a um problema chave de interpretação de dados, que não pode ser corrigido com a tecnologia computacional dos dias atuais. Para se modelar um cenário estocástico complexo, faz-se necessário analisar um número infinito e mutável de variáveis, o que é fisicamente impossível dentro da computação. Não há como armazenar infinitas variáveis em um disco rígido, muito menos programá-las no projeto de concepção do Sistema. O argumento apresentado acima reforça a ideia de que

não importa o quão completo e independente seja o sistema autônomo, o papel de vigília humana deve estar sempre presente durante a sua atuação.

Como já dito por Parasuraman *et al.* (2000), a automação muda completamente o contexto da tarefa, e por este motivo, o desempenho humano na sua atividade de vigília pode ser comprometido. Uma vez que tais sistemas são sempre falíveis, o humano deve estar constantemente atento para intervir em casos de emergências e evitar um acidente. Porém, este esquema se torna frágil à medida que o humano falha no processo de vigília (*INTERNATIONAL STANDARIZATION ORGANISATION*, 2011). Como já afirmado por Jones (2007, p. 12): “Infelizmente, humanos não são especialmente bons em manter um monitoramento passivo de sistemas automatizados por um longo período de tempo”. Dado este problema, é de se entender que o uso de sistemas automatizados acaba por induzir a redução da vigília sobre a atividade em questão. Uma vez que os sistemas assumem determinada função operacional relacionada à tarefa, a demanda de atenção para o usuário é reduzida.

São muitos os estudos que observam o fenômeno da redução das habilidades de vigília do usuário de sistemas automatizados após seu uso prolongado, fenômeno este chamado de complacência (PARASURAMAN & MANZEY, 2010). Mouloua, Parasuraman & Molloy (1993); Parasuraman, Mouloua & Molloy (1996); Oakley, Mouloua & Hancock (2003) e Jones (2007) chegaram a resultados importantes que revelam que o grau de confiabilidade do produto aliado ao nível de autonomia do sistema automatizado apresentam estreita relação com perda gradual da capacidade do usuário de manter o foco na tarefa desempenhada. O fenômeno complacência pode ser formalmente definido como um: “(...) Estado de não vigilância baseado em suposição errônea de um estado satisfatório do sistema (...)” (BILLINGS *et al.*, 1976 Apud. PRINZEL, 2001). Similarmente, Moray & Inagaki (2000) definem complacência como um estado subótimo de monitoramento do estado de um sistema automatizado ou de seu funcionamento. De maneira geral, pode-se entender que a medida que o humano é retirado de sua função operacional da tarefa, a falta de estímulos a sua atenção faz com que o mesmo desvie seu foco para atividades secundárias, e deixe de atentar para estímulos importantes para o bom funcionamento do sistema.

A complacência pode ser vista em atividades simples do dia a dia das pessoas na relação com sistemas automatizados, seja ao confiar em um despertador de um celular sem conferir se está ligado ou ajustado para a hora certa, ou na qualidade de uma máquina de lavar roupa, sem conferir se há algum transbordamento ou falta de material. Da mesma forma, tal fenômeno se abate de forma crítica em interações mais complexas, como no controle de carros autônomos (como os desenvolvidos pela Google.inc ou Tesla.inc), ou na aviação, onde a apatia é constante e uma pequena falha no processo de vigília pode promover riscos de vida ao usuário. Carsten *et al.* (2012) constatou em estudos em simulador que motoristas utilizando veículos automatizados apresentam maior tendência a interagir com atividades paralelas (como usar o celular e o rádio do veículo) ao em vez de manter o foco na condução. Da mesma forma, Lyons *et al.* (2014) identificaram que pilotos de caças militares tendem a gradativamente confiar mais em seus sistemas de controle de voo, e deixam de atentar para o controle da aeronave.

Uma vez que a tarefa de vigília do usuário ocorre mediante a observação de elementos e alertas provenientes de uma interface de comunicação entre o humano e o sistema, faz-se necessário modelar o fenômeno da complacência diante da interação com tal objeto. Nesta perspectiva, salienta-se o importante papel dos estímulos à atenção e alertas na construção do comportamento de vigília do usuário.

2.2 SDT - Teoria de Detecção de Sinais (Signal Detection Theory)

Para melhor entender como interagimos com elementos automatizados, precisa-se entender como o ser humano interage com sinais, mensagens e qualquer outro tipo de comunicação exercida entre eles e máquinas. uma das áreas da ergonomia cognitiva que estuda este fenômeno chama-se teoria de detecção de sinais ou SDT (signal detection theory) (RITTER *et al.*;2014).

Heeger (1998) define a detecção de sinais como a capacidade humana de dar sentido a um estado de incerteza mediante a exposição a uma nuvem de estímulos. O autor alega que tal processo ocorre a partir da discriminação de determinados elementos relevantes para um contexto, em meio a uma série de

estímulos captados por nossos 5 sentidos. Para ilustrar tal fenômeno, Bisseret (1981) descreve os primeiros experimentos da SDT dentro dos seguintes passos: 1) é apresentado a um sujeito de pesquisa uma sequência de cartões coloridos; 2) em alguns deles, existe um pequeno círculo, de uma cor levemente diferente do plano de fundo; 3) é pedido ao sujeito para identificar quais dos cartões apresentados possui tais círculos. Com isso, mede-se a capacidade de cada pessoa de atentar para uma determinada informação, em um contexto de incerteza sobre a sua presença.

Todos os fatores que podem vir a comprometer a boa detecção de determinado sinal é chamado de ruído (*noise*). Heeger (1998) descreve que a dificuldade de um sinal de ser percebido pode ser medida por meio de uma equação simples, que mede a diferença entre a intensidade do sinal relevante e a intensidade do ruído que o circunda. Quanto mais distinguível for um sinal de seu ruído, mais facilmente ele será percebido.

De acordo com Ritter *et al.* (2014) para cada um dos cinco sentidos do ser humano existe um limiar de variação de estímulo que o faz ser percebido, ou seja, capaz de atrair a atenção do receptor e se distinguir da normalidade das informações presentes dentro de um mesmo canal sensitivo. Tais limiares de estímulo são chamados de saliências perceptivas ou JND (*just noticeable differences*). JNDs podem ser definidos como a menor porção de variação de estímulo dentro de um canal sensitivo para que possa ser percebido pelo receptor (RITTER *et al.*; 2014). Por exemplo, em caso de um feedback sonoro oferecido pela interface de um sistema automatizado, para cada pessoa existe um limite mínimo de decibéis/distância necessário para que o som emitido se diferencie da nuvem de ruídos do ambiente e se faça perceptível para o usuário. O mesmo se faz presente em termos de variação de cor e luminescência para feedbacks visuais ou o torque/newtons por centímetro cúbico em caso de feedbacks tácticos.

De acordo com Ritter *et al.* (2014); Bisseret (1981); Nevin (1969) e Heeger (1998), a SDT caracteriza quatro tipos diferentes de fenômenos perceptivos (descritos na figura 2). Quando determinado estímulo é percebido e se faz presente (é real), ou seja, é corretamente percebido, o mesmo é chamado de acerto. Quando algum sinal saliente não é

percebido, apesar de existir, é chamado de falha. Quando algum estímulo se torna consciente porém sem existir realmente (geralmente quando o ruído é confundido com algum real sinal), é chamado de alarme falso. Quando algum estímulo se faz inexistente e não é percebido, o mesmo é chamado de rejeição correta. Em suma, quando captamos uma nuvem de sinais por meio de nossos sentidos, não necessariamente os percebemos. Tal nuvem, composta de ruído e informação relevante se encontra em um estado de incerteza, sobre a presença ou não determinado elemento.

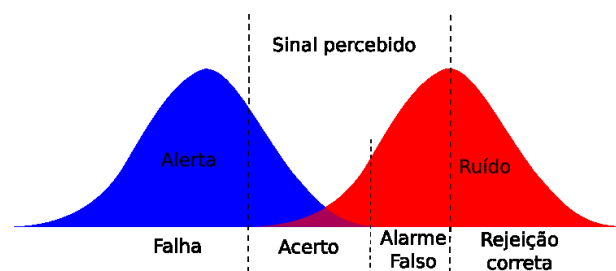


Figura 2- Esquema da teoria de detecção de sinais (Ritter *et al.*, 2014) (tradução dos autores)

Cabe aqui salientar o fator fenomenológico comportamental da SDT, uma vez que cada alarme falso, assim como qualquer outro tipo de sinal percebido ou não pelo receptor serve de reforçador comportamental para ajuste dos limiares perceptivos de cada um. Nevin (1969) afirmam que o custo de alarmes falsos e falhas influenciam diretamente no ponto em que o limiar se estabelece em cada indivíduo. Quando não percebemos algo que deveríamos ter percebido, ficamos mais atentos ao fato, ou quando vemos algo que não existe, tendemos a ser menos cuidadosos a determinado estímulo, de forma que, aos poucos, cada evento nos condiciona a determinar diferentes limiares perceptivos.

Cada JND está sujeito a uma série de variáveis que podem interferir na intensidade necessária para que tal limiar seja atingido. Pode-se então afirmar que a eficiência e eficácia de qualquer estímulo é dependente do contexto em que é inserido, uma vez que está sujeito a variação em seus limiares de percepção de acordo com backgrounds do usuário, esforço cognitivo exercido pelo receptor, complexidade do sinal, estresse entre outros. Como evidência deste processo, Bisseret (1981) provou que controladores de voo apresentaram capacidades distintas de atentar a potenciais colisões entre

aeronaves de acordo com seu nível de experiência na profissão.

Ao analisarmos esta teoria à luz da relação humano automação, podemos considerar momentos de chamada de atenção não emergenciais como alarmes falsos, que acabam aumentando desnecessariamente o limiar perceptivo de um alerta de situação crítica. Lyons *et al.* (2016) alertam desenvolvedores de interface para o perigo da resignificação dos elementos de comunicação de interface, que quando excessivos, passam a se tornar incômodos e perdem a sua função comunicativa. Durante os experimentos realizados pelos autores, pilotos de aviação militar relataram que alertas repetitivos - e que não exigiam atividades diferentes das que já estavam realizando, eram inconvenientes, então, eram rapidamente ignorados. Ritter *et al.* (2014) afirmam que quando determinado estímulo é apresentado diversas vezes ao mesmo receptor, existe uma tendência de seu limiar perceptivo aumentar gradativamente, uma vez que o mesmo entra no senso comum, se assimilando à nuvem de ruídos apresentada pelo ambiente, e não mais se tratando de uma saliência.

Similarmente, Nevin (1969) defende que caso o evidenciamento de um estímulo não seja devidamente reforçado - neste caso com a quebra da apatia do operador e a necessidade de uma eventual intervenção - este estímulo perde gradualmente sua relevância e seu limiar de percepção se eleva. Tal processo é chamado pelos autores de habituação. Diversos autores como Jones (2007); Wickens *et al.* (2010) e Prinzl (2001), comprovam que a exposição contínua de usuários a estímulos intermitentes durante um estado de monitoramento passivo da interface compromete a capacidade de atentarem para informações relevantes em situações de risco. Tais autores constatarem em suas pesquisas que a inatividade operacional mediante a um estímulo apresentado fez com que os sujeitos passassem gradativamente a ignorar os mecanismos de comunicação das interfaces. Nos experimentos de Jones (2007), observou-se que pilotos de aviões comerciais perdem seu foco na interface de bordo devido ao tédio e a inatividade que se abate durante todo o voo.

Em casos onde o usuário do sistema realiza mais de uma atividade ao mesmo tempo -como o monitoramento de mais de um sistema- a própria atividade paralela realizada pode ser uma barreira

para a percepção dos alertas e avisos. Se o usuário tem de atentar para outras informações, saliências perceptivas da tarefa secundária acabam agindo como ruído para a tarefa principal, e vice-versa. Exemplos disso podem ser encontrados nos estudos de Bailey & Screbo (2007), que identificaram redução na capacidade humana de monitoramento de cenários críticos durante seus experimentos, à medida que a complexidade da tarefa subia. Estas barreiras podem levar a falhas no processo de vigilância do usuário, tornando-o sujeito a eventuais problemas no bom andamento da tarefa. Para ilustrar este fenômeno, podemos entender que o operador de uma planta automatizada pode deixar de observar um determinado alerta de segurança por estar ocupado com outras demandas. Como o evento crítico para o qual deve atentar é extremamente raro, é de se entender que o operador desvie gradativamente a sua atenção para outras tarefas, aumentando o limiar perceptivo necessário para identificar tal alerta. Tal caso pode ser observado em HSE (2003).

2.3 Discriminação operante e extinção comportamental

Entendendo o estado supervisor do usuário de sistemas automatizados numa perspectiva comportamental, podemos considerar a vigilância um produto de um fenômeno largamente estudado: a atenção. Skinner (1953) e Reynolds & Limpo (1969) definem a atenção como a capacidade de um indivíduo de reconhecer, discriminar e responder a um estímulo apresentado pelo ambiente em meio a uma série de outros presentes em concomitância. Tais autores descrevem o fenômeno como discriminação operante, ou seja, o condicionamento constante de um comportamento de distinção de um elemento específico, evocando o operante de atenção. Ray (1972) também descreve atenção como a fração mais irreduzível da relação estímulo-resposta condicionada. Dentro do contexto da interação humano-automatização, pode-se considerar este fenômeno como o comportamento condicionado do usuário de diferenciar um elemento de uma interface em meio a uma nuvem de ruído -como já definido anteriormente- e responder a ele de acordo com seu repertório.

Ao considerarmos o fenômeno da atenção como um comportamento de discriminação, faz-se necessário destacar a importância do processo de caracterização

dos estímulos e os fatores que condicionam a ocorrência deste comportamento. Em outras palavras, a importância de se reforçar a resposta do usuário a um determinado estímulo, para que o mesmo possa estar sempre atento em momentos em que deve agir. Skinner (1953) desenvolveu importantes tratados que afirmam que a atenção é um comportamento processualmente construído. Ray (1972) afirma que a atenção de um indivíduo não pode ser dissociada do estímulo que a evoca, ou das suas condições de ocorrência. O autor defende que não existe uma capacidade genérica de se atentar a elementos em um ambiente. Uma mesma pessoa pode apresentar diferentes capacidades de vigília para elementos e ou condições distintas, referentes ao condicionamento prévio deste comportamento. Pelo mesmo motivo, atenção não é uma virtude que pode ser treinada e desenvolvida de forma abrangente, mas sim modelada dentro de condições específicas. Em outras palavras, um usuário de sistema pode ser condicionado a sempre observar um elemento crítico em uma interface de sistema automatizado, porém, à medida que novos cenários são apresentados ao indivíduo, esta capacidade de resposta pode se alterar. Em seus experimentos, Hayes *et al.* (2001) provou que o comportamento de sujeitos expostos a determinado treinamento se alterou quando o mesmo foi exposto a situações práticas. Para os autores, o comportamento de discriminação de um estímulo é feito a partir de uma assimilação arbitrária entre o mesmo e um evento concomitante, e por mais que esta característica seja transferida para outros cenários, diferentes situações podem acabar por alterar a resposta humana.

Acredita-se que a inserção de elementos automatizados, como descrito anteriormente, seja um elemento condicionador do comportamento complacente, o que dialoga com os estudos de Parasuraman & Molloy (1993); Parasuraman, Mouloua & Molloy (1996); Oakley, Moulouna & Hancock (2003); Parasuraman & Manzey (2010) e Jones (2007). Um exemplo ilustrativo deste fenômeno pode ser descrito na interação de um motorista com um sistema de controle de curso (*cruise control*). Uma vez que o sistema assume a responsabilidade sobre a velocidade do veículo, o motorista deixa de olhar para o velocímetro, estando sujeito a falhas e acelerações indevidas.

Skinner (1953), afirma que o comportamento operante de um indivíduo pode ser evocado através

de um processo discriminante de suas condições de ocorrência. Em outras palavras, o comportamento se constrói a partir do momento em que o indivíduo é exposto às consequências e condições referentes à ação praticada. Dentro deste processo de condicionamento do comportamento operante, o autor descreve dois tipos de estímulos que participam de tal processo (esquematisados na figura 3):

- **Estímulos reforçadores** - são estímulos que, quando ocorridos em seguida do operante, aumentam sua probabilidade de ocorrer em condições iguais ou semelhantes. Eles podem ser tanto positivos, definindo-se como a adição de um estímulo, quanto negativos, definindo-se como agentes de retirada de uma condição aversiva.
- **Estímulos aversivos** - estímulos envolvidos no processo ativo de diminuição de probabilidade de resposta. A saber, a punição, que é definida pela sua função e não pela forma na qual é feita. Quando apresentadas em seguida de um operante, pode reduzir a sua ocorrência

operação \ efeito	Estímulo (s) (+)	Estímulo (s) (-)
↑ Probabilidade de resposta (R)	Reforçamento + (S apetitivo)	Reforçamento - (S aversivo)
↓ Probabilidade de resposta (R)	Punição + (S aversivo)	Punição - (S apetitivo)

Figura 3 - Esquema de estímulos comportamentais (HUNZIKER, 2011) (adaptação do autor).

Nesta linha de raciocínio, podemos entender a retirada de funções operacionais do humano na relação com sistemas automatizados como um estímulo aversivo ao processo de vigília, justamente por uma queda de demanda, gerando tédio e apatia. Uma vez que o operador é retirado do papel de controle da tarefa, o reforço a sua função de vigília deixa de existir, o que o faz ficar gradativamente menos atento. Jones (2007), evidenciou o impacto da retirada de funções de usuários na sua capacidade de vigília, constatando que cerca de 20 minutos de apatia são suficientes para o surgimento gradual de uma complacência sobre a vigília dos processos automatizados. Da mesma forma, podemos compreender os elementos de comunicação da

interface, quando devidamente caracterizados como reforçadores de um comportamento vigilante, uma vez que a chamada de atenção exige uma intervenção operacional no andamento da tarefa, evidenciando a necessidade de percepção do mesmo estímulo em momentos subsequentes. Marstall *et al.* (2016); Lyons *et al.* (2016) e Banks & Stanton (2016) apresentam uma série de vantagens da comunicação constante do status do sistema ao usuário, garantindo uma maior transparência e confiança, que podem vir a melhor discriminar os cenários onde ele deve interferir na operação do sistema. Em linha de pensamento semelhante, Gonçalves & Quaresma (2017) apontaram por meio de revisão de literatura que o design de interfaces para veículos autônomos pode ser uma via eficiente para aumentar a vigilância do motorista, uma vez que ela é a responsável por mediar a interação entre o humano e o veículo, e está sobre completo controle das montadoras e projetistas.

Como já dito anteriormente, a atenção é um comportamento de construção processual, condicionado, e por este motivo, caso não seja devidamente reforçado ao longo do tempo - evidenciando os estímulos e sua resposta operante-, o mesmo tende a uma gradual extinção. Skinner (1953) e Reynolds & Limpo (1969) definem extinção comportamental como a redução da probabilidade de ocorrência de uma resposta mediante a apresentação de um estímulo, e no caso da atenção, o indivíduo se tornará incapaz de diferenciar determinado elemento da interface quando apresentado. Reynolds & Limpo (1969) alegam que o intervalo da intermitência do reforço a determinado operante, assim como a consistência entre o estímulo e o reforçador, são de suma importância para a manutenção da frequência de determinado comportamento. Caso os eventos a serem percebidos sejam muito espaçados - ou um mesmo estímulo da interface possa indicar dois eventos diferentes, a percepção do usuário é gravemente comprometida. Relacionando tal teoria ao escopo deste ensaio, podemos entender que caso um sistema não mantenha um processo de comunicação constante com seu operador, seu comportamento de vigília tende à extinção. Lyons *et al.* (2016) demonstram em seus experimentos que falhas em alertas ou inconsistências de sinal tiveram impacto direto na relação de usuários com seus respectivos sistemas automatizados. Este fenômeno novamente remete ao caso de pilotos de avião, que

deixam de atentar aos controles de bordo devido a uma apatia, ou a um sinal errado apresentado pelo sistema.

2.4 Design de interação e a vigília do usuário

Podemos entender a retirada das funções operacionais do usuário como um estímulo aversivo -ou a retirada de um estímulo à atenção, que seria o próprio ato de interferência na tarefa. Isto faz com que as únicas fontes de estímulos à atenção do usuário sejam os alertas e sinais da interface. Dentro desta perspectiva, caso a comunicação não ocorra de forma devidamente constante - discriminando os estímulos para o operante de agir, o processo de observação da própria interface vai se extinguindo até que os limiares de JND não sejam compatíveis com a intensidade dos estímulos da interface. Por estes motivos, segundo as teorias apresentadas acima, o usuário deve atentar para os estímulos de uma interface na busca por eventuais falhas no funcionamento do sistema automatizado. Porém, devido ao seu baixo grau de ocorrência, muitas vezes a própria comunicação dos processos operacionais por parte da interface pode ser entendida como um alarme falso. Em outras palavras, à medida que a interface comunica ao usuário sobre seu funcionamento - porém sem nenhuma informação que exija alguma intervenção, esta apatia por sua vez acaba se tornando um estímulo aversivo ao próprio operante de observar o funcionamento da interface, fazendo o usuário cada vez menos apto a atenta-lo.

Banks & Stanton (2016); HSE (2003); Carvalho *et al.* (2008); Marstall *et al.* (2016); e Lyons *et al.* (2016) salientam a necessidade de um maior cuidado na concepção na interfaces de comunicação entre sistemas automatizados e seus usuários. Os autores sugerem uma maior consideração quanto a natureza das tarefas, necessidades dos usuários e as barreiras impostas pelos sistemas. Com base nos argumentos acima, é seguro afirmar que a interface de comunicação humano-máquina desempenha um papel de suma importância para a formação das capacidades de vigília do usuário. Como os estímulos e reforçadores para o comportamento de vigília provêm da interface, tomadas de decisão mais assertivas ou errôneas podem comprometer ou favorecer o bom andamento da tarefa.

3. DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi realizar uma comparação teórica de duas teorias que modelam o fenômeno da complacência do usuário com sistemas automatizados, no intuito de identificar o papel do design de interação no processo de formação da vigília do humano. Evidenciou-se que o processo em si de supervisão de um sistema automatizado leva à complacência, que nada mais é do que o aumento do limiar perceptivo do usuário para os sinais oferecidos pela interface. A literatura apresentada demonstra que este é um processo natural, proveniente da retirada das atividades operacionais do usuário, que por si só age como um estímulo aversivo ao comportamento de vigília.

Evidenciou-se também que o processo de percepção de anomalias dentro do estado de controle supervísório está completamente em função dos estímulos oferecidos ou não à atenção do usuário. Uma vez que eles são os únicos reforçadores do comportamento de monitoramento da atividade do sistema automatizado. Devido a este fato, fica claro que uma comunicação mais discreta entre a interface e o usuário pode reduzir o número de alarmes falsos oferecidos, porém, a falta de estímulos à atenção colabora para a extinção comportamental da vigília de processos. Da mesma forma, um número maior de alertas de comunicação dos processos de tomada de decisão do sistema pode colaborar para a manutenção do comportamento operante de observação, porém, o consequente aumento do número de alarmes falsos registrados pode tornar a comunicação da interface um fator de incômodo, descaracterizando sua natureza informacional.

Pode-se então afirmar que existe um impasse teórico no que tange as diferentes abordagens de interface para a comunicação humano-automação. Uma vez que uma comunicação constante tende a uma saturação de estímulo e uma comunicação discreta tende à extinção do comportamento de vigília, é seguro constatar que é necessário um balanço na frequência de sinais apresentados pelas interfaces, de forma que este processo não é generalizável. Se a teoria por si só não é capaz de modelar um padrão de abordagem para tal assunto, cada caso deve ser analisado individualmente.

4. CONCLUSÃO

Ao final desta revisão de literatura, pôde-se concluir que o design de interação com sistemas automatizados possui um papel de suma importância na modelagem do comportamento de vigília do usuário. Apesar deste achado, não foi possível concluir um padrão ideal de abordagem que melhor atenda as necessidades do contexto da interação humano-automação. Maiores estudos são necessários para avaliar empiricamente o impacto das diferentes abordagens de design de interação em cada um dos contextos onde a automação se aplica.

Uma vez que é necessário um balanço entre os estímulos de atenção e sua intensidade para se retardar o processo de complacência, é necessário primeiro um entendimento das reais necessidades e da situação do usuário do sistema. Propõe-se então uma abordagem mais centrada no humano para o projeto de interface, e não apenas orientada ao funcionamento da automação em si e seus possíveis cenários de falha. Considerando as necessidades do humano, ponderando-as à luz das especificidades da tarefa desenvolvida pelo sistema, é possível adaptar a teoria para adequar o controle de estímulos a cada situação, retardando assim o processo de complacência.

5. REFERÊNCIAS

- Bailey, N. R.; SCERBO, M. W. Automation-induced complacency for monitoring highly reliable systems: the role of task complexity, system experience, and operator trust. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, v. 8, n. 4, p. 321-348, 2007.
- Banks A.V., Stanton, N. Keep the driver in control: Automating automobiles of the future. *Applied Ergonomics*, No 53, P389-395. Elsevier. 2016.
- Bisseret, A. Application of signal detection theory to decision making in supervisory control: The effect of the operator's experience. *Ergonomics*, v. 24, n. 2, p. 81-94, 1981.
- Carsten, Oliver et al. Control task substitution in semiautomated driving: Does it matter what aspects are automated?. *Human factors*, v. 54, n. 5, p. 747-761, 2012.
- Carvalho V.R. et al. **Human Factors Approach for Evaluation and Redesign of Human-System Interfaces of a Nuclear Power Plant Simulator**. Displays. N 29. p273-284. Elsevier. 2008.
- Chapanis, A. **Research Techniques in Engineering**. Segunda Edição. Johns Hopkins Press. Baltimore – Maryland. 1962.

- Degani, A. **Taming HAL: Designing Interfaces Beyond 2001**. Palgrave Macmillan, 2004. 320 ISBN 031229574X.
- Dekker, S. **Ten Questions About Human Error: A new View of human Factors and System Safety**. New Jersey: Mahwah, 2004.
- Fitts, P. Psychological research on equipment designs in the AAF. **American Psychologist**, 2, 1947, 93-98. Google Scholar Medline
- Gonçalves, R.C., Quaresma M. **Approaches for loss of vigilance in vehicle automation: a meta-analytical study**. Human Factors & Ergonomics Society Annual Meeting, Austin, 2017.
- Hayes, Steven C.; BARNES-HOLMES, Dermot; ROCHE, Bryan (Ed.). **Relational frame theory: A post-Skinnerian account of human language and cognition**. Springer Science & Business Media, 2001.
- Heeger, David. **Signal detection theory**. 1998.
- HSE. **Out of Control: Why systems Go Wrong and How to Prevent Failure**. 2. Noewich: HSE Books, 2003.
- Hunziker M. H.L., **Afinal, o que é controle aversivo?**. ACTA COMPORTAMENTALIA.N 19. P9-19. USP. São Paulo.2011.
- ISO/DIS 26262-2 **road vehicles – functional safety – part 2: management of functional safety**; 2011.
- Jones, M. L. Effect of Repeated Function Allocation and Reliability on Automation-Induced Monitoring Inefficiency. University of North Florida. 2007.
- Lyons J.B. Et Al. Trust-Based Analysis of an Air Force Collision Avoidance System. **Ergonomics in Design**. 2016.
- Marstal et al. Collaboration in the Cockpit: Human–System Interaction Beyond the Autopilot. **Ergonomics in Design**. 2016.
- Molloy, R. & Parasuraman, R. (1996). **Monitoring an automated system for a single failure: Vigilance and task complexity effects**. Human Factors, 38(2), 311-322.
- Moraes, A; Mont'Alvão, C. **Ergonomia: Conceitos e aplicações**. 4 Edição. Rio de Janeiro. 2AB. 2012.
- Moray, Neville; Inagaki, Toshiyuki; Itoh, Makoto. Adaptive automation, trust, and self-confidence in fault management of time-critical tasks. **Journal of experimental psychology: Applied**, v. 6, n. 1, p. 44, 2000.
- Nevin, John A. SIGNAL DETECTION THEORY AND OPERANT BEHAVIOR: A Review of David M. Green and John A. Swets' Signal Detection Theory and Psychophysics. **Journal of the Experimental Analysis of Behavior**, v. 12, n. 3, p. 475-480, 1969.
- Norman, D. **The Design of Future Things**. Basic Books, 2009. 240 ISBN 0465002285.
- Oakley, B., Mouloua, M., & Hancock, P.A. (2003). **Effects of automation reliability on human monitoring performance**. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, 47, 188-190.
- Parasuraman, R., Molloy, R., Mouloua, M., & Hilburn, B. **Monitoring of automated systems**. In R. Parasuraman & M. Mouloua (Eds.), **Automation and human performance: Theory and applications**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum. 1996
- Parasuraman, R.; Manzey D. H. **Complacency and Bias in Human Use of Automation: An Attentional Integration**. Human Factors, v. 52, p. 29, 2010.
- Parasuraman, R.; Sheridan, B. T.; Wickens, D. T. Situation Awareness, Mental Workload, and Trust in Automation: Viable, Empirically Supported Cognitive Engineering Constructs. **Journal of cognitive engineering and decision making**, v. 2, p. 20, 2000.
- PARASURAMAN, R.; SHERIDAN, T. B. Human-Automation Interaction. **Reviews of Human Factors and Ergonomics**, v. 1, p. 30, 2005.
- Prinzel III. **Examination of Automation-Induced Complacency and Individual Difference Variates**. NASA. 2001
- Proctor; Vu. **Task Analysis**. in: Salvendi, G. **Handbook of Human Factors and Ergonomics**. New jersey. Wiley. 2006.
- Ray. B. A. Strategy in Studies of Attention: A commentary on d. i. Mostofsky's attention: contemporary theory and analysis. **Journal of the Experimental Analysis of Behavior**. 17 p293-297. 1972.
- Reynolds G.S., Limpo, A.J. Attention and Generalization During a Conditional Discrimination. **Journal of the Experimental Analysis of Behavior**. N 12. p911-916. 1969.
- Ritter E. F. & Braxter D. G. **Foundations for Design User centered Systems**. New York. Springer. 2014.
- Skinner, B. F. **Ciência e Comportamento Humano**. São Paulo: Martins Fontes, 1953.
- Wickens, D.C. et al. **Stages and Levels of Automation: An Integrated Meta-analysis**. Proceedings of Human Factors and Ergonomics Society 54th Annual Meeting. 2010. DOI: 10.177/154193121005400425.

Young, M. S. **Ergonomics issues with advanced driver assistance system (ADAS)**. In Gikkas, N. **Automotive Ergonomics: Driver-Vehicle Interaction**. Taylor & Francis, New York. 2012.

6 . AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à CAPES pela bolsa de pesquisa que tornou este estudo possível. Gostaria de agradecer a Maurício Cardoso pelo suporte na revisão de literatura.