

SISTEMA GERADOR DE ERRO HUMANO

Luiz C. BEGOSSO, Marcos R. A. MEDEIROS

begosso@gmail.com, zxmarcos@gmail.com

RESUMO: Erros humanos são entendidos como uma combinação de vários fatores, entre eles, as limitações do processador humano de informação e as características do projeto que precisam estar integradas às habilidades humanas. O presente trabalho descreve o Gerador de Erros Humanos (GEH), um simulador computacional do comportamento humano e seus possíveis usos em projetos de sistemas críticos na área de Interação Humano-Computador.

PALAVRAS-CHAVE: erro humano; fatores humanos; simulador; gerador;

ABSTRACT: Human errors are understood as combination of many factors, among them, the limitations of the human processing of information and the characteristics of the project which needed integration with the human abilities. This paper describes Human Error Generator (HEG), a human behavior computational simulator and its prospective usage as an aid to critical systems' HCI design.

KEYWORDS: human error; human factors; simulator; generator;

1. Introdução

Ações humanas são essenciais para a execução de uma tarefa. As ações, neste caso, fazem referência a comportamentos desempenhados por um operador humano enquanto interage com um sistema computacional. Entretanto, a literatura tem mostrado que as pessoas estão engajadas em realizar, adequadamente, suas atividades, porém, mesmo assim elas falham sistematicamente.

O erro humano pode ser considerado como causa ou fator contribuinte para uma série de incidentes e acidentes industriais, de acordo com REASON (1990): Bhopal em 1984, Chernobyl e Challenger em 1986 são exemplos clássicos.

Erros humanos que causaram tais acidentes são entendidos como combinações de vários fatores, entre eles, as limitações do processamento humano de informação e as características de projeto que necessitam de integração com habilidades humanas. O nível de automação faz aumentar o grau de complexidade dos sistemas e erros cometidos por operadores em ambientes complexos tendem a resultar em consequências mais graves, de acordo com REASON; MADDIX (2013).

DEKKER (2006) destaca que nos estudos sobre fatores humanos não se deve considerar apenas os seres humanos, assim como o erro humano não pode ser visto unicamente a partir do desempenho dos seres humanos. Estudos sobre fatores humanos devem considerar “como” os recursos de ferramentas e tarefas das pessoas e também, o ambiente de trabalho pode influenciar sistematicamente o desempenho humano. Dessa forma, é preciso coletar dados sobre todos os recursos que são relevantes para a investigação de um acidente.

REASON (2008) lembra que, apesar de não haver uma definição universal de erro, a maioria dos estudiosos concorda que erro envolve algum tipo de desvio. Tais desvios podem vir de diversas origens: de fora (um esbarrão, uma influência), da intenção atual (um descuido), de uma rota apropriada em direção a algum objetivo (um erro); ou, em alguns casos, do afastamento da integridade (uma subversão). Assim como há diversas definições possíveis, também há diversas maneiras em que erros podem ser classificados. Diferentes taxonomias servem diferentes fins. Esses dependem de qual dos quatro elementos básicos do erro – a intenção, a ação, o resultado e o contexto – desperta maior interesse ou qual deles possui a maior utilidade prática.

Observa-se, de modo geral, que as pessoas sempre cometem erros. O erro é uma condição normal do comportamento humano e que às vezes, tais situações possuem até mesmo um papel positivo. De acordo com MASSON; KONING (2001) os erros ajudam as pessoas a se adaptarem às particularidades situacionais de uma tarefa e também ajudam as pessoas a aprenderem mais sobre seu desempenho em relação à tarefa.

Na grande maioria das situações, portanto, o próprio indivíduo que cometeu o erro aprende e corrige sua atitude. Os problemas acontecem quando os erros não são

detectados e passam por todas as barreiras construídas pelos projetistas; ao se aliarem a condições especiais do ambiente ou de processo crítico, esses erros contribuem para eventos indesejáveis.

Algumas iniciativas de reduzir o erro humano têm sido exatamente a melhoria do projeto da interação homem-computador. Os projetistas desenvolvem mecanismos de proteção e recuperação do erro para as tarefas humanas, sejam motoras, perceptivas ou de tomada de decisão. Por exemplo, em alguns casos estes mecanismos de proteção podem ser desde protetores de botões (onde o operador deve desobstruir o botão antes de acioná-lo, evitando o acionamento acidental de uma função crítica) até sistemas de apoio às decisões críticas do usuário. Naturalmente, estes mesmos mecanismos de proteção podem aumentar a complexidade da interação homem-computador. Assim, a engenharia obteve sucesso apenas parcial na tentativa de reduzir a probabilidade de erro humano, mesmo porque a complexidade do comportamento cognitivo leva a múltiplas possibilidades de erro humano e nem sempre se podem desenvolver todos os mecanismos necessários ou se conhecem todas as possibilidades.

O presente trabalho complementa o trabalho de MEDEIROS; BEGOSSO (2014) que objetivou produzir um sistema computacional capaz de simular o desempenho humano afetado de erros. O software denominado Gerador de Erro Humano (GEH), foi dividido em dois módulos: o módulo de desenho e cadastro da tarefa a ser realizada pelo operador e o módulo de geração automática de erro humano. O primeiro módulo já fora desenvolvido, sendo esta a segunda parte do trabalho. Neste contexto, este trabalho relata o desenvolvimento do segundo módulo do GEH: a geração de erros.

Para a execução do presente trabalho partiu-se da crença de que é possível contribuir com a construção de projetos de sistemas tolerantes ao erro, pois a segurança dos sistemas computacionais será incrementada na medida em que houver o conhecimento de quando e porque as limitações, no processo cognitivo, ocorrem.

O GEH poderá também contribuir com estudo de consequências importantes para a confiabilidade operacional, auxiliando o projetista de interfaces humano-computador a minimizar as possibilidades de ocorrência de erros durante a interação.

Neste contexto, torna-se imprescindível atentar para a ação humana, em situações de risco e que envolvam a relação homem-computador.

Para atender os objetivos estabelecidos, o presente artigo está dividido em cinco seções. A primeira seção, esta introdução, estabelece o contexto, os objetivos, a motivação e a justificativa para o desenvolvimento do trabalho. A seção 2 aborda o estado da arte em relação aos estudos sobre o erro humano. A seção 3 trata dos trabalhos encontrados na literatura que possuem alguma relação com esta pesquisa. A seção 4 apresenta o GEH, sua estrutura, condições para o funcionamento e saídas geradas. Finalmente, a seção 5 encerra o trabalho, com a discussão dos resultados alcançados até o momento e direciona para futuras pesquisas neste contexto.

2. Erro humano

Antes de iniciar a discussão sobre o erro humano é necessário defini-lo, porém esta não é uma tarefa simples, uma vez que o erro é estudado em diversas áreas (engenharia, psicologia, etc.) e as definições acabam ocorrendo a partir de diferentes concepções. Para o senso comum o termo erro pode ser definido como: “Ato ou efeito de errar. Juízo falso; desacerto, engano. Incorreção, inexatidão. Desvio de bom caminho; desagregamento, falta.” FERREIRA (1988, p. 259)

Para REASON (2000), o erro humano pode ser descrito em duas abordagens: a primeira é a abordagem em relação à pessoa, o que ele define como sendo a mais tradicional, onde o ser humano comete atos inseguros, erros e violações de procedimentos ao realizar uma determinada tarefa, por exemplo, um médico receitando uma dose de medicamentos acima do necessário por desatenção ao seu paciente; a segunda abordagem é tomada em relação ao sistema, onde o erro propriamente dito é apenas um sintoma e não mais a causa como acontece na abordagem por pessoa, levando em consideração que pessoas estão propensas a cometerem erros mesmo nas melhores condições. É sobre esta abordagem que o presente trabalho foi desenvolvido, uma vez que o foco aqui são sistemas e não as pessoas. Tal fato reforça a ideia de que a proposta do GEH é ajudar no desenvolvimento de sistemas mais confiáveis e tolerantes ao erro.

Existem outras definições para o termo, como a proposta por SANDERS; MCCORMICK (1987) que definem o erro humano como uma decisão ou comportamento inadequado ou indesejável que como consequência reduz a eficácia, segurança ou desempenho do sistema.

Para HOLLNAGEL (1993), o erro humano pode ser descrito como uma ação que falha em produzir resultados esperados e que pode produzir consequências indesejáveis.

Para DEKKER (2006), muito se tem aprendido sobre a complexidade dos sistemas, e na sua visão, as pesquisas apontam para os seguintes fatos:

- **Fontes de erro são estruturais, não pessoais:** para entender o erro humano, é preciso entender os sistemas nos quais as pessoas trabalham;
- **Erros e acidentes estão remotamente relacionados:** acidentes surgem da complexidade de sistemas e não de sua aparente simplicidade, isto é, acidentes não resultam de um erro humano ou da violação de um procedimento. Para que um acidente ocorra muitos fatores concorrem entre si para colocar o sistema sobre a linha que separa a segurança de um estado de fracasso;
- **Acidentes não são o resultado de uma falha de funcionamento dos processos:** acidentes são subprodutos do funcionamento normal do sistema.

No presente trabalho, o erro humano além da abordagem de sistema por REASON (2000), optou-se por utilizar também a definição de SWAIN; GUTTMANN (1983), que está inserida no contexto de confiabilidade humana. Os autores definem a confiabilidade humana como sendo a probabilidade de uma pessoa executar uma determinada atividade exigida pelo sistema dentro de um tempo restrito nos casos onde o tempo for fator determinante, e aliado a isto, não realize nenhuma atividade estranha que venha a degradar o sistema.

3. Trabalhos correlatos

Na literatura existem diversos trabalhos acerca da simulação do desempenho humano, porém trabalhos nesta área com a proposta de simular o desempenho humano afetado de erros ainda são escassos.

Um trabalho com objetivos semelhantes foi proposto por ITOH et al (2001) denominado Simulador Cognitivo, desenvolvido com o objetivo de analisar os riscos em navegações marítimas através de modelos cognitivos. Tal simulador pode gerar erros durante a simulação e prever erros que podem acontecer no futuro. O simulador foi construído analisando o desempenho humano obtido através de várias sessões em um simulador de manobras de navios nos mais diversos cenários em que o navegador possa estar sujeito.

O Simulador Cognitivo proposto por ITOH et al (2001) contribui com a análise de risco e para previsão do desempenho cognitivo do navegador levando em consideração que o desempenho produzido foi bem similar ao de navegadores com pouca experiência nas atividades, no entanto seu domínio de aplicação é restrito apenas a atividades realizadas por navegadores marítimos. Diferentemente do Simulador Cognitivo, a proposta do GEH é criar um ambiente mais flexível em relação ao domínio de aplicação, onde o desempenho humano, afetado de erros, possa ser simulado na interação humano-computador em interfaces gráficas.

O presente trabalho foi desenvolvido com base no simulador S.PERERE proposto por BEGOSSO (2005), que tem como objetivos simular o desempenho humano afetado de erros em tarefas especificadas pelo operador. O S.PERERE foi desenvolvido utilizando-se a arquitetura cognitiva ACT-R, sendo dividido em três módulos: pré-processador, perturbador e o disparador. O módulo perturbador, foco desse trabalho, é responsável pela geração de erros na simulação do desempenho humano. Seu funcionamento pode ser entendido como uma função de transformação, onde a entrada é o modelo cognitivo de uma tarefa e sua saída é um modelo afetado ou não de erros para a execução dentro da arquitetura cognitiva ACT-R.

Segundo BEGOSSO (2005), o desenvolvimento do S.PERERE foi de fundamental importância para a área de confiabilidade humana, pois ele auxilia no estudo de operação de sistemas computacionais, gerando um simulador de ação humana que leva em consideração o erro humano.

Outro trabalho como proposta de aprimorar o S.PERERE foi realizado por CORTEZ; BEGOSSO (2008), visando melhorar a maneira de alimentar o simulador com o conhecimento necessário, uma vez que originalmente esta tarefa requeria grande atenção e esforço por parte do projetista.

4. Gerador de erro humano

Com o propósito de desenvolver uma plataforma flexível para a simulação do desempenho humano que leve em consideração o erro, tendo como domínio específico as interfaces gráficas utilizadas em sistemas computacionais, o GEH tem a aparência de um editor de interfaces, como ilustrado na FIGURA. 1.

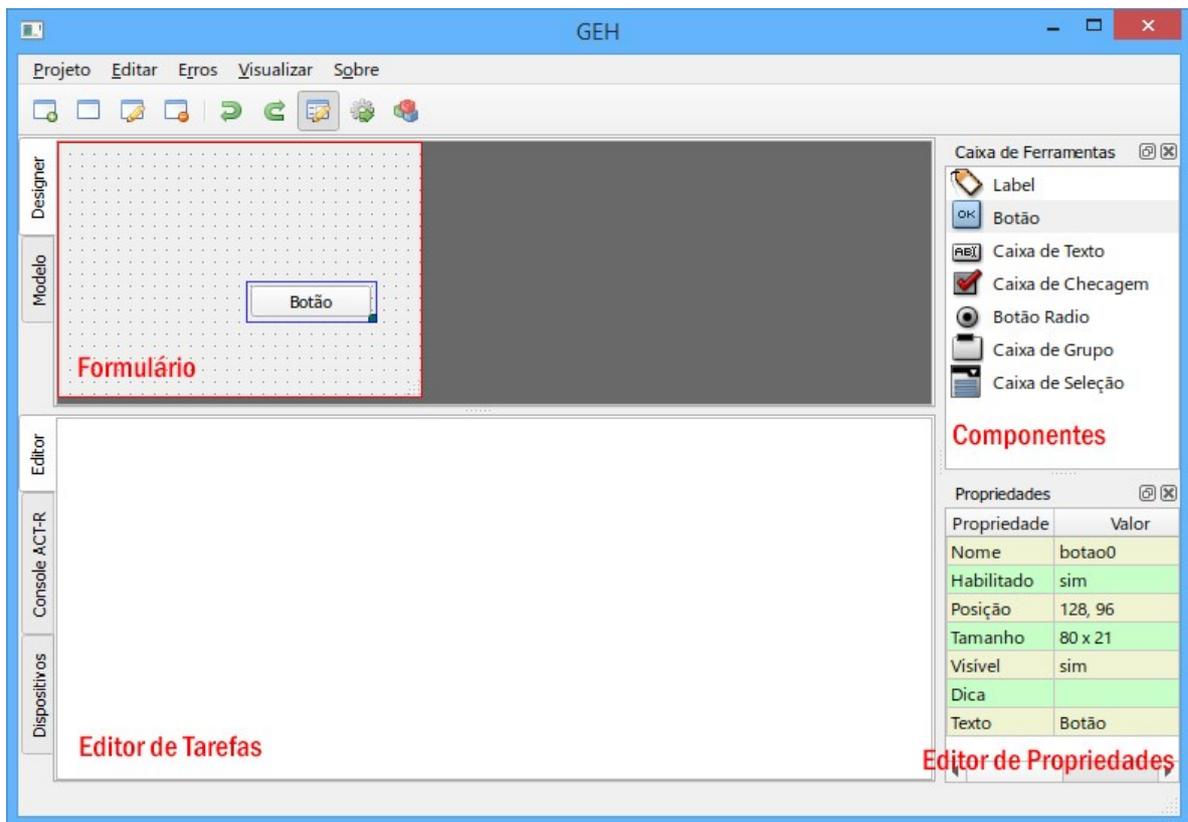


FIGURA 1: A interface principal do GEH

Dentro da paleta de componentes estão localizados os componentes que podem ser utilizados pelo operador para desenhar a interface gráfica. No GEH, foram implementados os componentes mais comuns em interfaces gráficas de sistemas computacionais, possibilitando a criação de interfaces diversificadas. O seu funcionamento está baseado no método “arrastar e soltar”, onde o operador seleciona o componente e o arrasta para dentro do formulário.

Os componentes disponíveis são: *label* (um campo de texto estático), botão, caixa de texto, caixa de checagem, botão tipo radio (dado um grupo destes botões apenas um pode ser selecionado), caixa de grupo e caixa de seleção. A caixa de grupo apenas é utilizada quando houver a necessidade de agrupamento de botões do tipo *radio*.

O formulário é a representação da interface gráfica, onde os componentes estão dispostos e podem ser alterados, contando com operações triviais para esse tipo de tarefa como redimensionar, mover, excluir, etc. Ao selecionar um componente no formulário automaticamente suas propriedades serão exibidas no editor de propriedades. A lista de itens de uma caixa de seleção é alterada dentro do próprio formulário, ao dar um clique duplo no componente.

O editor de propriedades, por sua vez, é local onde o operador pode alterar algumas propriedades que não são possíveis diretamente no formulário, tais como seu campo de texto, se está habilitado e principalmente definir o nome para o componente que será utilizado no editor de tarefas.

Para descrever uma tarefa é necessário utilizar uma linguagem de domínio específico (DSL) onde os passos para se completar uma tarefa são informados através de ações elementares sobre as interfaces gráficas, tal como pressionar um botão, etc. O editor de tarefas atualmente é apenas um editor de texto simples que será processado pelo GEH.

A linguagem utilizada para descrever a tarefa será chamada de linguagem de descrição de tarefas (LDT). A LDT é uma linguagem simples e direta, que foi elaborada a partir de observações de operações triviais em interfaces gráficas em sistemas computacionais. Até o momento, a LDT é composta por apenas seis palavras reservadas: selecionar, marcar, desmarcar, escolher, pressionar e preencher. Uma vez que o objetivo da linguagem é poder descrever uma tarefa em ações elementares, as palavras reservadas são verbos, tornando simples seu entendimento.

O formato padrão para descrição de uma tarefa é dado por: <ação> <objeto><;>, uma vez que o nome do componente é usado em todas as ações é muito importante que o operador dê nome aos componentes no momento em que desenha a interface gráfica. A exceção a este padrão está na ação “escolher” que é utilizada em caixas de seleção, tendo o seguinte formato: <ação> <objeto><item>;.

A seguir apresenta-se a TABELA 1 que associa as ações com seus respectivos componentes. É importante notar que qualquer emprego de uma ação com outro componente que não o seu, resultará em erros.

Selecionar	Botão tipo radio
Marcar	Caixa de checagem
Desmarcar	Caixa de checagem
Pressionar	Botão
Escolher	Caixa de seleção
Preencher	Caixa de texto

TABELA 1: Ações e componentes associados.

É possível descrever uma tarefa simples como marcar um item em uma caixa de checagem, preencher uma caixa texto e pressionar um botão da seguinte maneira utilizando a LDT, na FIGURA 2 isso é demonstrado junto a interface gráfica desenhada.

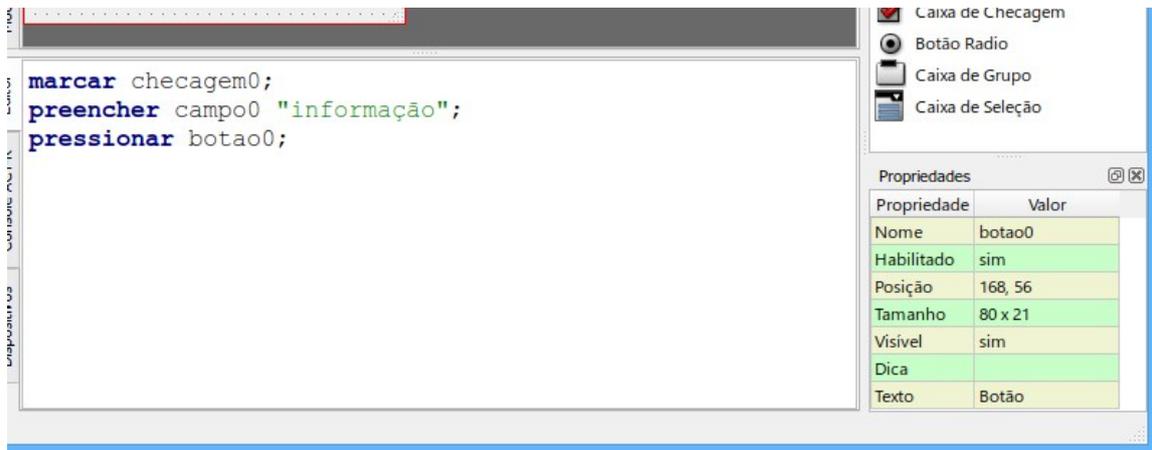


FIGURA 2: Descrevendo uma tarefa com a LDT.

Para facilitar o processo da descrição da tarefa, foi desenvolvido um editor visual, onde apenas é necessário selecionar os componentes na ordem correta dos passos que serão realizados, e assim sua ação será criada automaticamente, sendo necessário especificar mais informações quando o componente necessitar, como nos campos de texto que devem ser acompanhados do texto a ser digitado, ou as caixas de checagem que podem ser marcadas ou desmarcadas. A FIGURA 3 demonstra o Editor Visual de Tarefas.

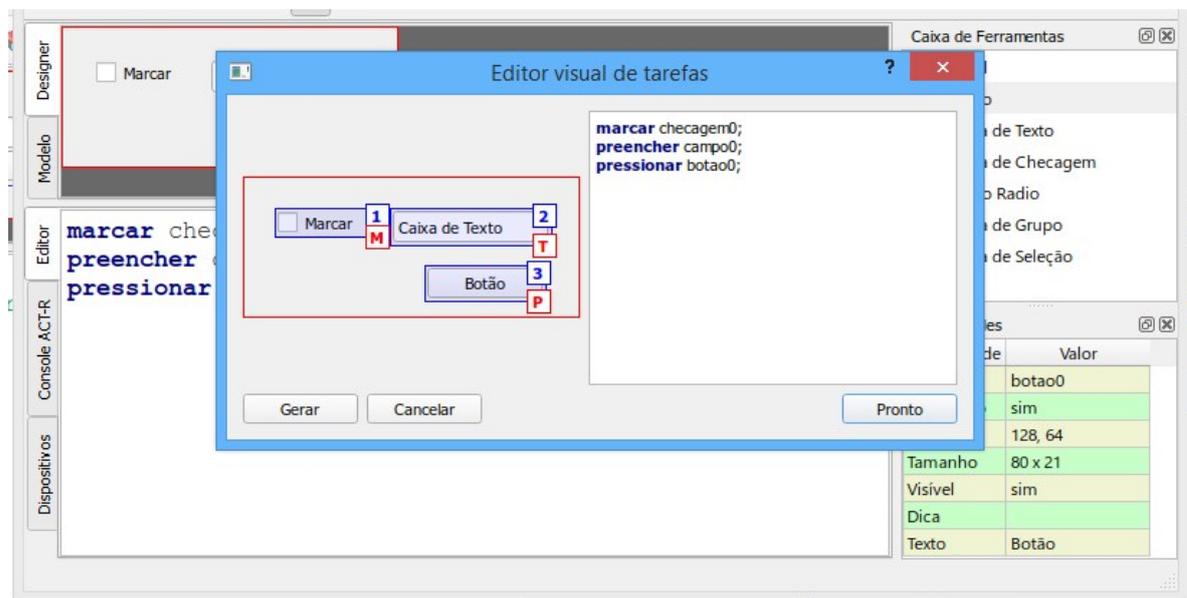


FIGURA 3: O Editor visual de tarefas

4.1 A produção de erro humano

A geração de erros do GEH está baseado em um modelo proposto por RASMUSSEN (1983) com o objetivo de explicar os níveis de desempenho do comportamento humano, sendo utilizado para estudar atividades de erro humano em tarefas relacionadas a resolução de problemas. Neste modelo, os erros são divididos em três níveis de desempenho: nível de habilidade, nível de regra e nível de conhecimento.

Os erros decorrentes do nível de habilidade são associados a atividades manuais, geralmente em tarefas triviais onde o ser humano produz uma resposta quase que imediata na presença do estímulo, não exigindo muito do processo cognitivo do indivíduo.

Em tarefas que são geridas por situações predefinidas encontra-se o nível de regra, para a execução da ação o indivíduo utiliza regras existentes na base de conhecimento.

O nível de conhecimento está associado a tarefas mais complexas, exigindo maior esforço do processo cognitivo, desta maneira não exigindo respostas imediatas ou que se tenha conhecimento prévio para a realização da tarefa, ao contrário dos outros dois níveis anteriores.

Estes três níveis de desempenho são utilizados pelo modelo GEMS (*Generic Error Modeling System*) proposto por REASON (1990) para desenvolver uma taxonomia do erro humano visando explicá-lo, sendo essa considerada a taxonomia mais completa sobre o assunto. Por se tratar de assunto extenso, será omitida deste trabalho a taxonomia completa e a explicação de cada item que a compõe, no entanto a taxonomia pode ser encontrada em REASON (1990, p. 69). Na TABELA 2 e TABELA 3 apresenta-se a descrição de alguns erros humanos e seus respectivos níveis de desempenho segundo o modelo de RASMUSSEN (1983) utilizando a taxonomia de REASON (1990) e uma breve descrição de quando este erro ocorre.

Nível	Erro	Descrição
Habilidade	Omissão	Um passo da tarefa é omitido.
	Repetição	Um passo de uma tarefa é realizado mais vezes do que são necessárias.
	Confusão	Em tarefas rotineiras, o indivíduo realiza uma tarefa

Perceptiva	sem prestar a devida atenção, dessa maneira pode acabar pressionando um botão próximo do qual está acostumado.
Redução de Intencionalidade	Durante a execução de uma tarefa, o indivíduo se esquece do objetivo por algum motivo.
Inversão	Existe uma sequência predefinida para uma tarefa, alguma atividade desta tarefa que deveria ser realizada em um momento x é realizada em momento y e vice versa.

TABELA 2: Alguns erros do modelo GEMS no nível de habilidade.

Nível	Erro	Descrição
Regra	Redundância	Uma informação não é necessária para uma regra, no entanto ela sempre está presente, na ausência da informação certa para a tarefa, a presença desta informação pode disparar uma regra errada.
	Força de regra	Não existindo uma combinação perfeita de regras, é provável que a mais parecida e com mais força seja disparada. Quanto mais utilizada, mais forte uma regra se torna.
	Sobrecarga	A sobrecarga de informação em determinada situação faz com que o indivíduo não consiga avaliar qual a melhor regra mais adequada dentre as outras para a situação.
Conhecimento	Seletividade	Ao realizar uma tarefa o indivíduo foca-se em informações não relevantes ao invés de focar-se nas características corretas. Sendo que o desenvolvimento da tarefa requer foco.
	Revisão enviesada	Acreditando-se que todos os fatores foram considerados o indivíduo toma uma decisão, no entanto todos os fatores não foram considerados.

TABELA 3: Alguns erros do modelo GEMS de nível de regra e conhecimento.

Para a simulação de alguns desses erros o GEH utiliza uma arquitetura cognitiva denominada ACT-R6, capaz de simular o desempenho humano segundo a teoria do ACT-R, desenvolvida por Daniel Bothell (ACT-R, 2013). As saídas produzidas pelo GEH são modelos para esta arquitetura, isto é, as tarefas descritas em LDT são traduzidas para modelos do ACT-R, podendo ser alterados com os erros solicitados pelo operador em um dos passos na tarefa.

Os modelos gerados, ao serem executados geram um traço com as informações que constituem todo o processo cognitivo envolvido em uma tarefa segundo a teoria do ACT-R, para a simulação em tempo real desses erros, os GEH utiliza a arquitetura da FIGURA 4.

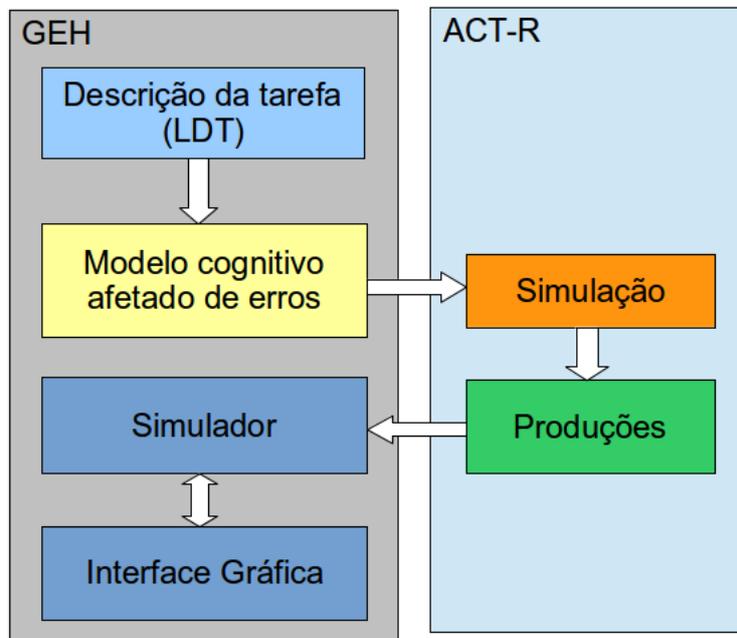


FIGURA 4: Arquitetura do GEH.

Para as simulações, o GEH utiliza-se de um mouse virtual e um teclado virtual, para simular essas ações geradas pelos modelos como pode ser visto na FIGURA 5. O GEH está fortemente integrado à arquitetura ACT-R, dessa maneira é possível realizar todas as tarefas possíveis nesta arquitetura através do GEH, na aba “Console do ACT-R”.

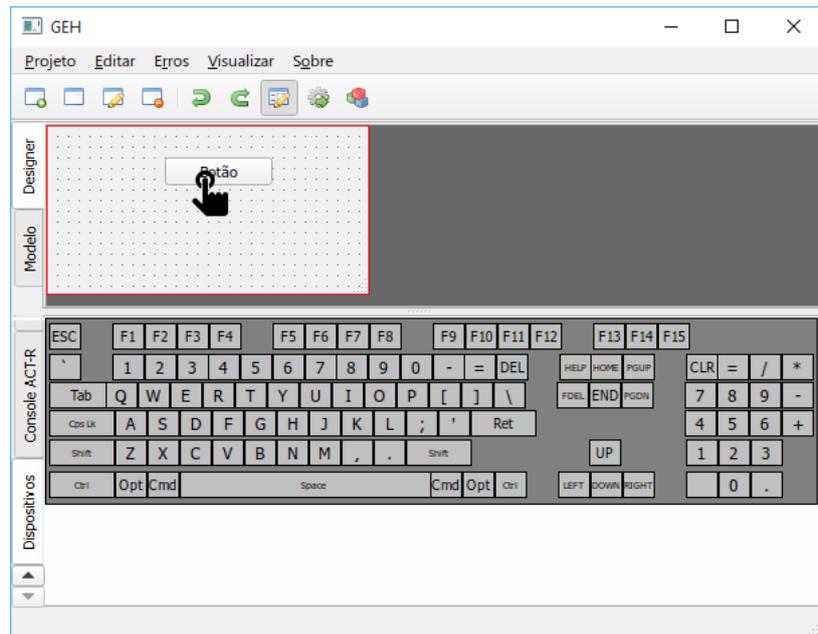


FIGURA 5: Mouse virtual e teclado virtual

Considerando uma tarefa em LDT para apenas preencher um campo de texto com “ab”, o traço do modelo gerado pelo ACT-R e simulado pelo GEH é demonstrado na FIGURA 6. O erro de omissão pode ser feito omitindo um dos caracteres inseridos originalmente na tarefa.

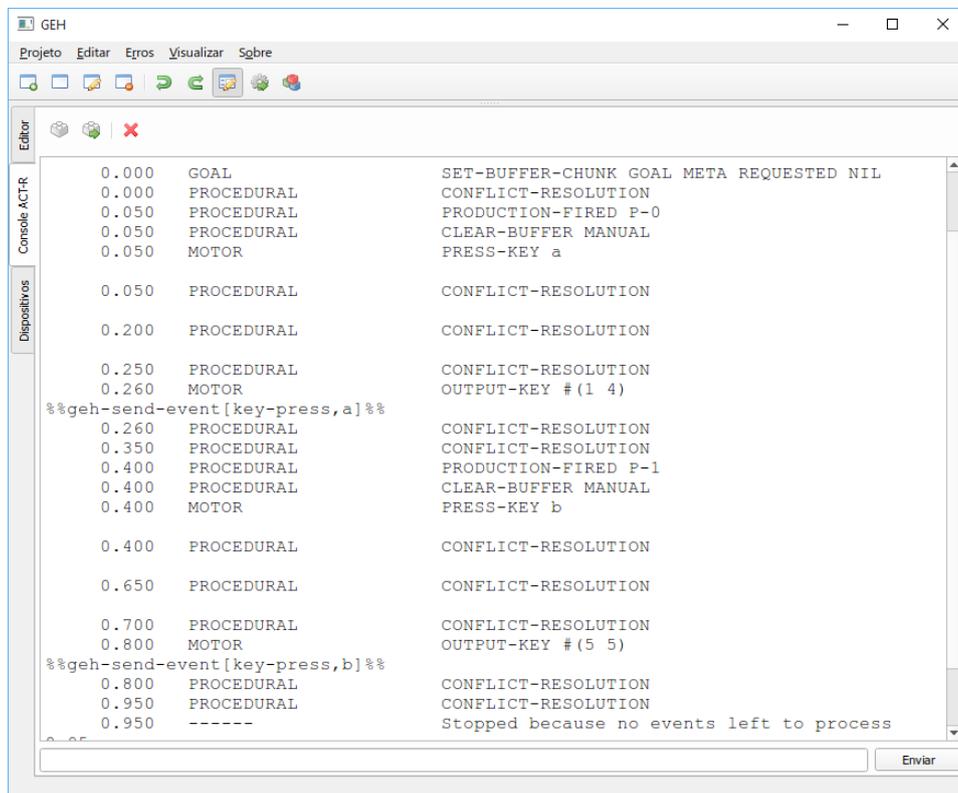


FIGURA 6: O traço do modelo gerado pelo GEH.

Até o momento o GEH é capaz de simular os erros: confusão perceptiva, omissão, inversão, repetição e redução de intencionalidade, que podem ser selecionados no momento em que se requisita a geração do modelo e simulação, ambos encontrados no nível de habilidade na taxonomia do erro humano de REASON (1990).

5. Conclusões

Tendo em vista as informações apresentadas sobre o funcionamento do gerador de erros humanos, acredita-se que o GEH pode contribuir no projeto de confiabilidade nas interações humano-computador em interfaces gráficas de sistemas computacionais, uma vez que irá prover uma plataforma flexível para cumprir esta meta. Considera-se que os objetivos do GEH foram alcançados uma vez que foi desenvolvido o editor de interfaces gráficas, a linguagem de domínio específico para descrever as tarefas em ações elementares, denominada de LDT, a integração direta com a arquitetura cognitiva ACT-R, a geração de modelos com erros ou não e sua simulação em tempo real na interface gráfica do GEH.

Foi realizado também um grande estudo acerca do erro humano, buscando o estado da arte nesta área, de maneira a permitir a realização deste trabalho e o tornar mais abrangente no seu domínio de aplicação, diferentemente dos trabalhos correlatos relatados.

Para trabalhos futuros, pretende-se implementar mais erros da taxonomia de erros humanos, gerando modelos melhores para as simulações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACT-R. Página do Grupo de Pesquisa da Arquitetura Cognitiva ACT-R. Disponível em: <<http://act-r.psy.cmu.edu/tutorials/>>. Acesso em 13 de jun. 2013.

BEGOSSO, Luiz Carlos. S.PERERE - uma ferramenta apoiada por arquiteturas cognitivas para o estudo da confiabilidade humana. 2005. Tese (Doutorado em Sistemas Digitais) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3141/tde-09012006-093145/>>. Acesso em: 2014-07-22.

CORTEZ, Thiago Henrique; BEGOSSO, Luiz Carlos. Simulador de Desempenho Humano S.PERERE. *IHC '08 Proceedings of the VIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, p. 332-333.

DEKKER, Sidney. *The field guide to understanding human error*. Burlington: Ashgate, 2006.

FERREIRA, Aurélio Buarque. *Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988.

HOLLNAGEL, E. *Human Reliability Analysis*. Academic Press, p. 20-37, 1993.

MASSON, M.; KONING, Y. How to manage human error in aviation maintenance? The example of a JAR66-HF education and training programme. *Cognition, Technology & Work*, n.3, p.189-204, 2001.

MEDEIROS, Marcos R. A.; BEGOSSO, Luiz Carlos. *GEH – Sistema de Gerador de Erro Humano*. In: VII FÓRUM CIENTÍFICO FEMA. Assis. Anais do VII Fórum Científico Fema, v. 1, outubro, 2014, p. 115-117.

RASMUSSEN, Jens. Skills, Rules, and Knowledge; Signals, Signs, and Symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE: Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, v. 13, n. 3, p. 257-266, 1983.

REASON, James. *The Human Contribution: unsafe acts, accidents and heroic recoveries*. Farnham: Ashgate, 2008.

_____. *Human Error*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

_____. MADDOX, M.E. Human Error. Disponível em:

<<http://hfskyway.faa.gov/hfskyway/index.aspx>> Acesso em: 06 de jul. 2013.

_____. Human Error: models and management. Disponível em:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1117770/>> Acesso em: 16 de jul.

2014.

SANDERS, M.S.; MCCORMICK, E. J. *Human factors in engineering and design*. New York: McGraw-Hill, 1987.

SWAIN, A.D.; GUTTMANN, H.E. Handbook of Human Reliability Analysis with emphasis on Nuclear Power Plant Applications: Final report. Albuquerque: U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1983. (NUREG/CR-1278)