

SISTEMA GERADOR DE ERRO HUMANO: UMA PROPOSTA

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; 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; 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; MADDOX (2013).

REASON (2008) destaca 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 integra um projeto denominado Estudo e Modelagem do Erro Humano, desenvolvido pelos autores, com o propósito de produzir um sistema computacional capaz de simular o desempenho humano afetado de erros. O software denominado Gerador de Erro Humano (GEH), está 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. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo a especificação e o desenvolvimento do primeiro módulo do GEH, qual seja, desenho e cadastro da tarefa a ser realizada pelo operador humano durante a operação de sistemas computacionais.

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 primeiro módulo do 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, p. 29), o erro humano pode ser descrito como uma ação que falha em produzir resultados esperados e que pode produzir consequências indesejáveis.

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 alguns módulos, entre eles o perturbador que 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

Esta seção objetiva apresentar o funcionamento do GEH, integrando o primeiro módulo deste trabalho denominado Estudo e Modelagem do 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.

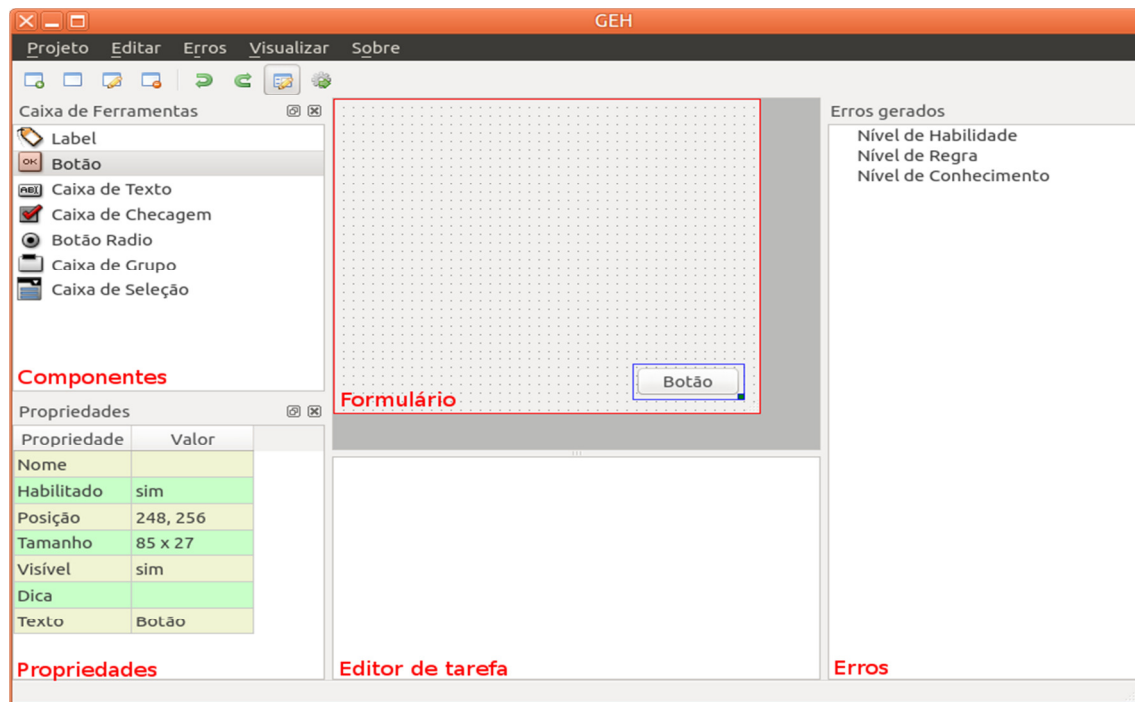


FIGURA 1: A interface principal do GEH

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 uma 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), 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.

TABELA 1: Ações e componentes associados.

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

Podemos 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.

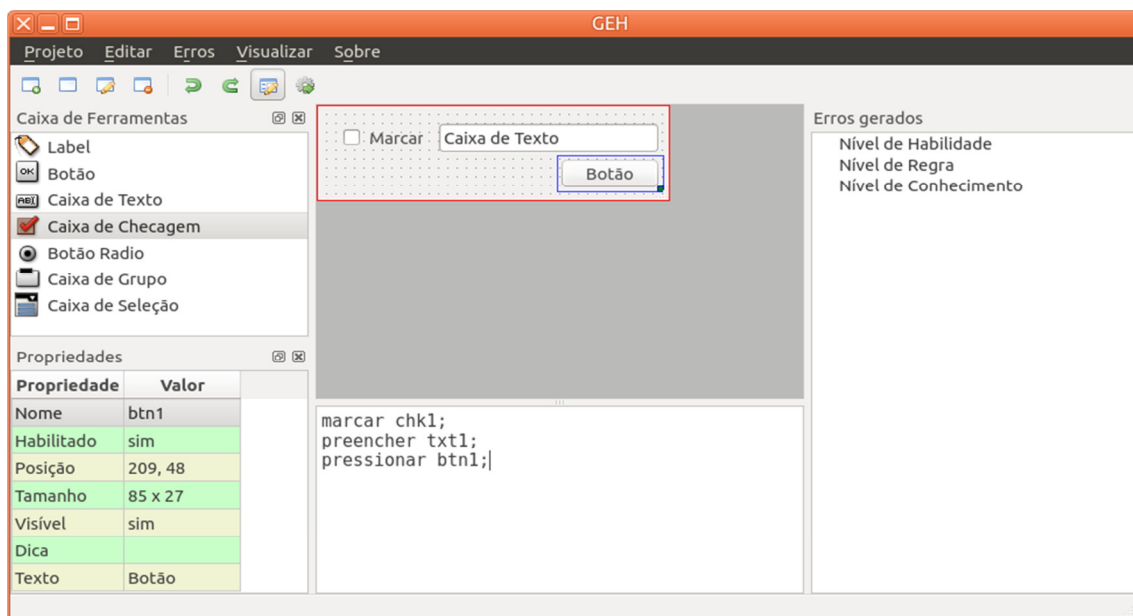


FIGURA 2: Descrevendo uma tarefa com a LDT.

E por fim, no canto direito está localizado o painel de erros na interface do GEH, onde existem três categorias: nível de habilidade, nível de regra e nível de conhecimento. Estes termos estão relacionados a estudos na área de psicologia do comportamento, e fazem

parte de um modelo proposto por RASMUSSEN (1983) com objetivo de explicar o comportamento humano, sendo utilizado para estudar atividades de erro humano em tarefas relacionadas a resolução de problemas.

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 explica-lo, sendo essa considerada a taxonomia mais completa sobre o assunto. Por se tratar de assunto extenso, e por fazer parte do segundo módulo do GEH, onde estes erros serão simulados, será omitido 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 temos a descrição de alguns erros humanos e seus respectivos níveis de performance segundo o modelo de RASMUSSEN (1983) utilizando a taxonomia de REASON (1990) e uma breve descrição de quando este erro ocorre.

TABELA 2: Alguns erros do modelo GEMS e seus níveis de desempenho.

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.
	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.
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.

Inicialmente pensou-se que o GEH iria gerar e simular os erros baseados na arquitetura ilustrada na FIGURA 3, no entanto esta arquitetura não trouxe resultados satisfatórios, uma vez que simular a desempenho humano sem uma arquitetura cognitiva mostrou-se um desafio muito difícil de ser alcançado, por este motivo foi necessário que o GEH fosse desenvolvido em dois módulos, sendo este trabalho o primeiro.

De maneira geral, nesta arquitetura o GEH transformava a tarefa descrita em LDT para uma lista de passos realizados em uma tarefa, e iterando sobre esta lista cada passo é enviado para um gerador (*backend*) que se encarregava de produzir erros sobre essa etapa.

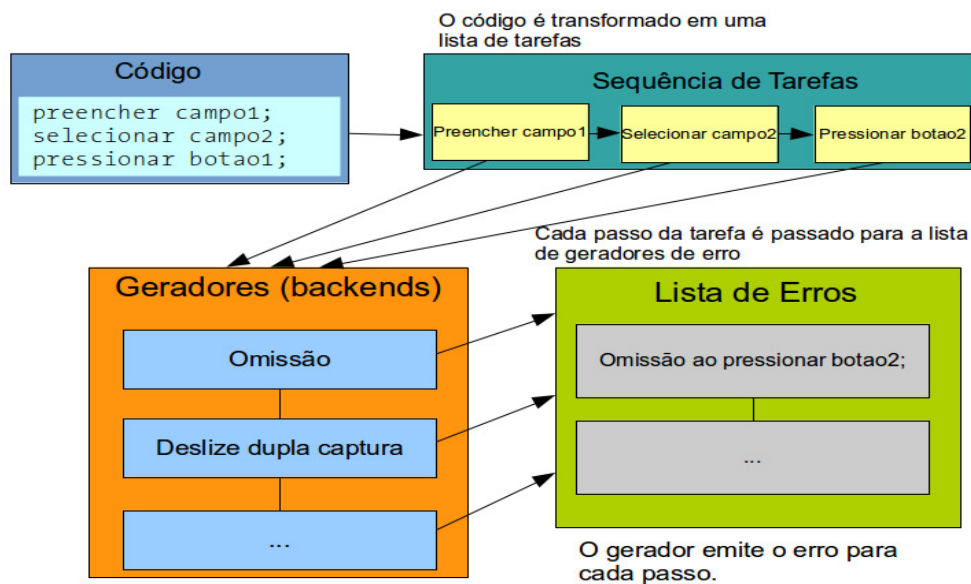


FIGURA 3: Arquitetura inicial utilizada para o GEH

No segundo módulo pretende-se implementar uma arquitetura mais eficiente fazendo integração direta com a arquitetura cognitiva ACT-R, onde o GEH passará a gerar modelos cognitivos afetados de erros aos quais o ACT-R se encarregará de simular e produzir a saída na qual o GEH simulará estas produções diretamente na interface gráfica especificada pelo operador. A FIGURA 4 ilustra um diagrama do funcionamento da nova arquitetura proposta para o GEH a ser implementada futuramente.

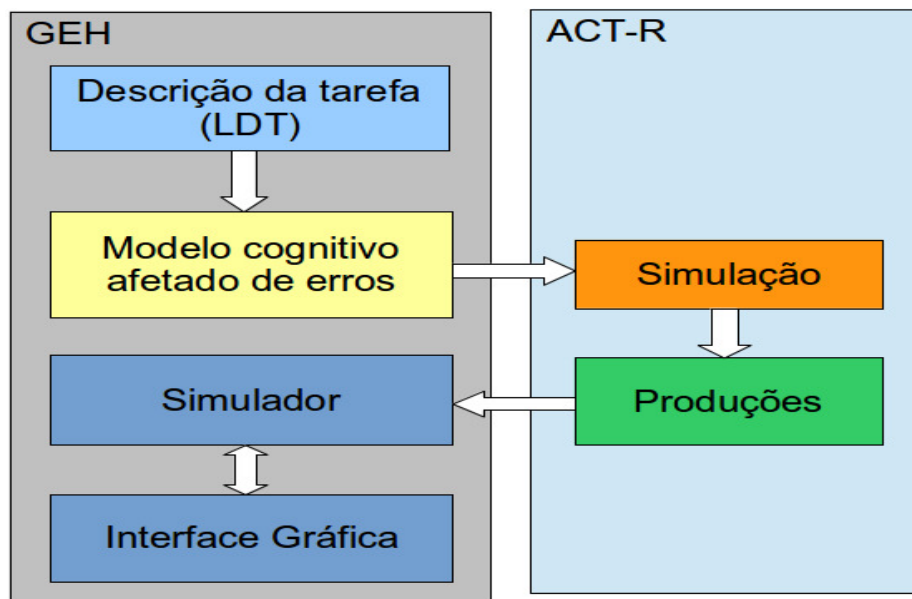


FIGURA 4: Nova arquitetura proposta para o GEH.

5. Conclusões

À medida que o GEH for evoluindo poderá 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 módulo um do GEH foram alcançados uma vez que foi desenvolvido o editor de interfaces gráficas, e a linguagem de domínio específico para descrever as tarefas em ações elementares, denominada de LDT.

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 o módulo dois, no qual será realizada uma integração entre o GEH e a arquitetura cognitiva ACT-R, desta maneira permitindo a simulação da performance humana afetada de erros de maneira mais fiel. Pretende-se também incrementar a linguagem de descrição de tarefas de maneira que ela possa permitir mais ações na qual o GEH possa simular erros.

REFERÊNCIAS

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.

FERREIRA, A. B. *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.

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, J. *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)