

**Universidade Federal de Campina Grande**  
**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**  
**Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica**

**Tese de Doutorado**

**Protocolo Experimental para Observação da Interação um  
Arcabouço para o Estudo do Comportamento Humano**

**YUSKA PAOLA COSTA AGUIAR**

Campina Grande

Outubro – 2012

**Universidade Federal de Campina Grande**  
**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**  
**Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica**

**Protocolo Experimental para Observação da Interação um Arcabouço para o  
Estudo do Comportamento Humano**

**YUSKA PAOLA COSTA AGUIAR**

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Engenharia Elétrica e Informática da Universidade Federal de Campina Grande como requisito parcial para obtenção do grau de doutor em Engenharia Elétrica (Dr.).

**MARIA DE FÁTIMA QUEIROZ VIEIRA**  
**(Orientadora)**

**CHARLES SANTONI**  
**(Orientador)**

**Área de Concentração: Processamento da Informação**  
**Linha de Pesquisa: Engenharia da Computação**

**Campina Grande – Paraíba**

**Outubro de 2012**



**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCCG**

A282p Aguiar, Yuska Paola Costa.

Protocolo experimental para observação da interação um arcabouço para o estudo do comportamento humano / Yuska Paola Costa Aguiar. – Campina Grande, 2012. 177 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática.

Orientadores: Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Maria de Fátima Queiroz Vieira, Prof. Dr. Charles Santoni  
Referências.

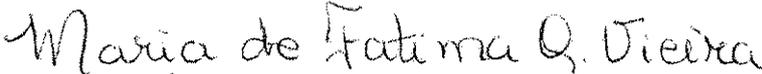
1. Protocolo Experimental. 2. Observação da Interação. 3. Estudo do Comportamento Humano. 4. Operação de Sistemas – Situações Críticas. 5. Estudo do Erro Humano. I. Título.

CDU 621.3 (043)

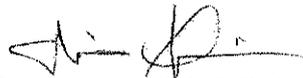
**"PROTOCOLO EXPERIMENTAL PARA OBSERVAÇÃO DA INTERAÇÃO UM  
ARCABOUÇO PARA O ESTUDO DO COMPORTAMENTO HUMANO"**

**YUSKA PAOLA COSTA AGUIAR**

**TESE APROVADA EM 01/10/2012**

  
**MARIA DE FÁTIMA QUEIROZ VIEIRA, Ph.D., UFCG**  
Orientador(a)

  
**CHARLES SANTONI, Dr., Université Aix-Marseille**  
Orientador(a)

  
**ANGELO PERKUSICH, D.Sc., UFCG**  
Examinador(a)

**CLAUDIA FRYDMAN, Dr., Université Aix-Marseille**  
Examinador(a)

  
**PHILLIPE PALANQUE, Dr., Université Paul Sabatier Toulouse III**  
Examinador(a)

  
**EVANDRO DE BARROS COSTA, D.Sc., UFAL**  
Examinador(a)

**CAMPINA GRANDE - PB**

## AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de agradecer a colaboração de todos aqueles que fizeram parte da construção evolutiva deste trabalho.

- ❖ Aos meus pais, Eneas e Gelfa, e aos meus irmãos, Yéska e Yago, por serem quem são;
- ❖ Ao meu esposo, Marcelo, por me fazer sentir que a vida vale a pena, dia após dia;
- ❖ Aos meus amigos pelo companheirismo;
- ❖ À Professora Fátima, minha orientadora, pelo esforço, empenho e compreensão. Por estar comigo até o último momento;
- ❖ Ao meu co-orientador, Professor Charles Santoni pela oportunidade;
- ❖ À Professora Edith Galy, colaboradora na minha pesquisa, por me fazer imergir no mundo da psicologia, mesmo que timidamente. Agradeço também pela disponibilidade e paciência com meu francês;
- ❖ Ao Professor Jean-Marc Mercantini, colaborador em meu trabalho de pesquisa, pelas sucessivas reuniões, pela paciência e dedicação;
- ❖ Aos professores que participaram da minha formação ao longo da vida acadêmica, em especial ao Professor Bernardo Lula Jr.;
- ❖ Aos professores examinadores deste trabalho;
- ❖ Às secretárias Ângela de Lourdes, Béatrice Alcalá e Corine Scotto di Vettimo pela gentileza e presteza;
- ❖ Aos meus companheiros do LIHM: Ademar Netto, Flavio Torres, Daniel Scherer, José Alves, e Gerson Focking;
- ❖ Aos meus colegas do LSIS: Claudia Serey, Karam Mustapha, Diego Freitas, Yassin Khelil, Yingmin Li, Emilie Gernez, Ana Clara Lacerda e Fabio Leal.
- ❖ As estagiárias Stéphanie Egiziano e Christine Egiziano pela seriedade na realização dos experimentos e aos colaboradores Alexandre Costa, Thais Lima e Nigini Abilio pelo comprometimento;
- ❖ Aos usuários de teste.

## RESUMO

O estudo do erro humano geralmente se concentra na investigação das causas do erro. A análise de relatórios de acidentes e incidentes tem sido o caminho percorrido por vários autores no contexto do estudo do erro. Esses relatórios tendem a detalhar os aspectos técnicos envolvidos, tais como práticas adotadas, operações realizadas e descrevem o estado do sistema anterior e posterior ao erro. No entanto, as narrativas não exploram o estado emocional, funcional e cognitivo do ser humano precedente e subsequente ao erro nem como estes podem ter influenciado a ocorrência do erro. Visando ampliar o escopo destes estudos, este trabalho propõe um arcabouço metodológico e ferramental voltado para o registro, a coleta e a análise de dados da interação que contribuam para a compreensão do comportamento humano, e das causas do erro. O método adota uma abordagem multidisciplinar que envolve os domínios: usabilidade (facilidade de uso) e psicologia. Sua aplicação é apoiada por um Protocolo Experimental para Observação da Interação (PEOI), o qual sistematiza o planejamento, a realização e o relato da observação. A coleta de dados se processa em cenários reproduzidos a partir da descrição encontrada nos relatórios de acidentes e incidentes. Estes cenários permitirão a aquisição de informações sobre o estado emocional, funcional e cognitivo do operador (usuário) e sobre o seu comportamento. O protocolo PEOI foi concebido para apoiar a investigação da relação entre as características de um indivíduo, seu estado funcional, sua percepção da situação, sua estratégia para tomada de decisão e o seu desempenho na realização de tarefas de interesse. A investigação desta relação é apoiada por um Modelo abstrato simplificado para a Compreensão do Comportamento Humano (M2CH), o qual também foi proposto nesta pesquisa. PEOI foi aplicado em diferentes contextos, com resultados relevantes para o estudo proposto. Este documento descreve o protocolo, o modelo, e discute os resultados alcançados com sua aplicação.

**Palavras-Chaves:** Protocolo experimental; observação da interação; estudo do comportamento humano; operação de sistemas durante situações críticas; estudo do erro humano.

## ABSTRACT

*The study of human error generally focuses on the investigation of its causes. Analyzing accident and incident reports has been the path taken by many authors in the context of the human error studies. These reports tend to detail the description of technical aspects related to the error context such as the adopted working practices and performed operations; giving detail descriptions of the system state before and after the error. However, these do not explore the human state or conditions before and after the error occurrence in order to give supporting evidence on how those might have influenced the error occurrence. Aiming to expand the scope of the data available to these studies this thesis proposes a methodological framework and supporting tools to register, collect and analyze the interaction patterns between the operator and the supervisory control systems that might contribute to the understanding of the human behavior, and the potential error causes. The method adopts a multidisciplinary approach in the areas of system usability (ease of use) and work psychology. Central to its application is an Experimental Protocol for Interaction Observation (PEOI) which systematizes the planning, execution and reporting of the observations during the interaction between users and systems. Data collection takes place in scenarios reproduced from the descriptions found in the accident and incident reports in the studied work context. These scenarios should allow the immersion of the operator in the work context, allowing for data gathering on the operator state and behaviour. The protocol was conceived to support the investigation of the relationship between an individual's characteristic, functional status, situation awareness, decision making strategy and performance in a work context. This investigation is supported by a model, the Abstract Simplified Model for Understanding the Human Behaviour (M2CH), also proposed in this research. The protocol has been applied to different working contexts and has produced relevant data for the investigation purposes. The protocol, the human behaviour model and the corresponding results are presented and discussed in this document.*

**Key-words:** *Experimental protocol, observation of the interaction; study of the human behaviour; system's operation during critical situations; human error studies.*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS.....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1. OBSERVAÇÃO DA INTERAÇÃO PARA O ESTUDO DO ERRO-HUMANO.....	14
1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO.....	16
1.3. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO.....	18
1.4. ESTRUTURA DA TESE.....	19
<b>CAPÍTULO 2: REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>21</b>
2.1. OBSERVAÇÃO DA INTERAÇÃO: INTERFACE HOMEM-MÁQUINA.....	21
2.2. COMPREENSÃO DO COMPORTAMENTO HUMANO: PSICOLOGIA.....	27
2.3. CONCLUSÃO.....	42
<b>CAPÍTULO 3: PEOI APOIADO PELO M2CH.....</b>	<b>43</b>
3.1. ESTRUTURA: ETAPAS, PROCESSOS E ATIVIDADES.....	43
3.2. ENVOLVIDOS: PAPEIS E RESPONSABILIDADES.....	48
3.3. ARTEFATOS: DOCUMENTOS GERADOS.....	51
3.4. FERRAMENTAL: REGISTRO E COLETA DE DADOS.....	52
3.5. FERRAMENTAL: PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DE DADOS.....	69
3.6. CONCLUSÃO.....	71
<b>CAPÍTULO 4: APLICAÇÕES DO PROTOCOLO.....</b>	<b>72</b>
4.1. CONTEXTOS DE APLICAÇÃO E INSTÂNCIAS ESPECÍFICAS.....	72
4.2. ESTUDO DE CASO.....	82
4.3. CONCLUSÕES.....	122
<b>CAPÍTULO 5: DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....</b>	<b>123</b>
4.4. COMPREENSÃO DO COMPORTAMENTO HUMANO FUNDAMENTADO NO CONHECIMENTO DE ESPECIALISTAS ...	123
4.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	129
4.6. COMPARAÇÃO ENTRE AS FERRAMENTAS UTILIZADAS.....	136

<b>4.7. CONCLUSÃO .....</b>	<b>145</b>
<b>CAPÍTULO 6: CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>146</b>
<b>PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>150</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>152</b>
<b>ANEXO A – TELAS DE GENEPI .....</b>	<b>163</b>
<b>ANEXO B – NORMALIDADE DOS DADOS DO EXPERIMENTO.....</b>	<b>168</b>
<b>ANEXO C – TESTES DE HIPÓTESES.....</b>	<b>169</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo para Compreensão do Comportamento Humano.....	37
Figura 2: Fluxo de realização do PEOI.....	47
Figura 3: Participação dos personagens nos processos e etapas do PEOI.....	50
Figura 4: Acomodação das ferramentas sugeridas por PEOI ao M2CH .....	67
Figura 5: Cruzamento de dados proposto para análise .....	70
Figura 6: Ferramentas utilizadas na aplicação do PEOI para GENEPI.....	86
Figura 7: Visualização dos quatro vídeos em sincronia .....	89
Figura 8: Diagrama de sequencia – usuário de teste 01.....	90
Figura 9: GENEPI Tela inicial.....	164
Figura 10: GENEPI Navio acidentado.....	164
Figura 11: GENEPI Acidente .....	165
Figura 12: GENEPI Poluição.....	165
Figura 13: GENEPI Condições meteorológicas, oceanográficas e de tempo.....	166
Figura 14: GENEPI Geografia do ambiente poluído.....	166
Figura 15: GENEPI Ambiente econômico e ecológico .....	167
Figura 16 GENEPI: tela final.....	167

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Estrutura macro definida para o protocolo .....	24
Quadro 2: Contribuições da revisão de literatura para a definição do arcabouço do protocolo ....	26
Quadro 3: Fatores que influenciam o comportamento humano.....	36
Quadro 4: Relação entre os elementos do M2CH e os componentes do CME .....	41
Quadro 5: Papéis e responsabilidades.....	48
Quadro 6: Artefatos sugeridos em PEOI .....	51
Quadro 7: Métodos genéricos para coleta de dados e tipos de dados.....	54
Quadro 8: Localização da aplicação das ferramentas em PEOI .....	68
Quadro 9: Satisfação da equipe de avaliação no uso do protocolo.....	74
Quadro 10: Caracterização das avaliações realizadas no uso do PEOI.....	80
Quadro 11: Instâncias do PEOI de acordo com contextos de aplicação.....	81
Quadro 12: Nível de conhecimento e experiência dos usuários de teste.....	84
Quadro 13: Organismos e domínios de informação .....	85
Quadro 14: Procedimento de teste.....	87
Quadro 15: Respostas ao BF-50 em percentual.....	94
Quadro 16: Dados coletados a partir do D2.....	96
Quadro 17: Classificação dos fatores de estresse .....	97
Quadro 18: Índice de satisfação do usuário e classificação associada .....	98
Quadro 19: Pontuação dos usuários as dimensões que compõe o AD-ACL.....	102
Quadro 20: Variação da frequência cardíaca: baixa frequência e alta frequência.....	103
Quadro 21: Número de picos eletrodermais .....	107
Quadro 22: Quantificação das respostas dos usuários de teste ao SAM .....	107

Quadro 23: Pontuação dos usuários às questões presentes no GEW.....	108
Quadro 24: Classificação das expressões faciais enquanto emoções .....	109
Quadro 25: Quantificação das emoções identificadas com a análise do discurso .....	112
Quadro 26: Pontuação dos usuários às questões presentes no GAQ .....	115
Quadro 27: Bom funcionamento cognitivo e disfunção cognitiva .....	116
Quadro 28: Tempo estimado versus tempo real para realização da tarefa .....	117
Quadro 29: Estado de realização da tarefa.....	118
Quadro 30: Taxas de omissão, erros e acertos na interação com GENEPI .....	119
Quadro 31: Ligações durante o processo de interação .....	120
Quadro 32: Taxas de erro de acerto dentre as ligações válidas .....	121
Quadro 33: Taxa global de erro .....	121
Quadro 34: Compreensão da satisfação subjetiva dos usuários .....	125
Quadro 35: Compreensão do desempenho dos usuários .....	127
Quadro 36: Descrição das hipóteses iniciais.....	130
Quadro 37: Hipóteses reduzidas .....	131
Quadro 38: Valores obtidos a partir do modelo de regressão .....	134
Quadro 39: Caracterização do modelo de regressão.....	134
Quadro 40: Aceite e rejeição das hipóteses .....	135
Quadro 41: Cálculo do poder estatístico das hipóteses.....	136
Quadro 42: Ansiedade e carga de trabalho .....	137
Quadro 43: Traços de personalidade de acordo com BF-50.....	138
Quadro 44: Estado emocional: valências predominantes .....	139
Quadro 45: Estado emocional: força da emoção .....	139
Quadro 46: Estado emocional: ocorrências de emoções negativas .....	139

Quadro 47: Ocorrências de estado emocional negativo por ferramenta.....	141
Quadro 48: Avaliação cognitiva da situação a partir de GAQ.....	141
Quadro 49: Guia para adoção de ferramentas.....	144
Quadro 50: Teste Shapiro-Wilk.....	168

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Traços de personalidade: valores base e experimentais .....	95
Gráfico 2: Webquest – Parte 1: Navegação e uso de GENEPI.....	99
Gráfico 3: Webquest – Parte 2: Usuário e o produto.....	101
Gráfico 4: Níveis de vigilância e ansiedade a partir de AD-ACL .....	103
Gráfico 5: Equilíbrio simpatovagal caracterizando a ansiedade.....	104
Gráfico 6: Carga de trabalho global por usuário de teste .....	105
Gráfico 7: Distribuição da carga de trabalho global por dimensão .....	105
Gráfico 8: Distribuição média das dimensões de carga de trabalho .....	106
Gráfico 9: Classificação pelos avaliadores e pelos usuários de teste .....	110
Gráfico 10: Valor médio, em percentual, da classificação das expressões faciais .....	111
Gráfico 11: Valor percentual das emoções identificadas pelo EmotAix .....	113
Gráfico 12: Objetos de SECs para o GAQ - respostas dos usuários de teste .....	115
Gráfico 13: Tentativa de minimizar ou mascarar a sensação vivenciada .....	115
Gráfico 14: Ocorrência de emoções negativas (análise de vídeos e EmotAix).....	140

# CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

---

---

Este capítulo é iniciado com uma breve apresentação sobre o estudo do erro humano no contexto de situações críticas (*contexto*) e com uma discussão sobre as limitações da abordagem mais comumente utilizada e descrita na literatura (*problemática*). Em seguida, tem-se a proposição da adoção da técnica da observação da interação homem-máquina para complementar a abordagem atual do estudo do erro humano (*solução proposta*). Posteriormente são definidos e apresentados os objetivos gerais e específicos deste trabalho e a metodologia utilizada na sua execução.

## 1.1. Observação da interação para o estudo do erro-humano

Sistemas industriais são considerados críticos porque quando submetidos a falhas materiais ou erros humanos, os incidentes e acidentes<sup>1</sup> resultantes podem provocar: (i) perdas de partes ou de todo o sistema; e/ou (ii) perdas de vidas humanas; (iii) e/ou perdas financeiras [Knight 2002]. Logo, a análise de acidentes e incidentes é essencial para o estudo do erro humano, podendo findar na concepção de estratégias de prevenção do erro humano, seja na adaptação das interfaces homem-máquina, na melhoria dos programas de treinamento, na adaptação da tarefa ou do ambiente de trabalho. O objetivo do estudo do erro humano consiste na identificação da relação entre os erros e a atividade humana que os causaram. Assim, fatores contextuais sobre a tarefa e o ambiente de trabalho e fatores pessoais relativos ao perfil do operador, seu estado<sup>2</sup> e seu comportamento devem ser considerados quando se busca entender as causas dos erros.

Análise de relatórios de acidentes é adotada por vários autores [(Rasmussen et al. 1981; van Eekhout & Rouse 1981; Johnson & Rouse 1982) *apud* Scherer, 2010; Anderson & Bove 2000]. Essa abordagem também foi adotada na investigação da causa de erros em acidentes reportados na operação de sistemas elétricos em uma companhia de eletricidade no Brasil. No estudo realizado pelos integrantes do Laboratório de Interface Homem-Máquina (LIHM), toma-se como base um *corpus* de 31 relatórios, extraídos de mais de 350 relatórios de acidentes ocorridos durante um período de dez anos – entre 1998 e 2007. O estudo resultou na proposição de: um

---

<sup>1</sup>Acidente: evento ou situação em que houve algum tipo de perda. Incidente: evento ou situação em que um acidente esteve perto de acontecer. Os termos acidentes e incidentes serão utilizados neste trabalho de tese como sinônimos.

<sup>2</sup>Estado do operador compreende: seu estado funcional, emocional e cognitivo.

modelo conceitual de cenários de acidentes causados pelo erro humano em sistemas industriais críticos e tipologia do erro [Guerrero et al 2008] além de uma taxonomia para descrição de acidentes e incidentes [Scherer et al. 2010b].

A análise dos relatórios revelou a presença de informações técnicas sobre o acidente, mas não sobre o estado do operador ou seu comportamento ao realizar a tarefa que resultou em erro - informações necessárias para a compreensão do erro humano [Scherer et al. 2010b]. Tendo em vista ampliar a abrangência das informações disponíveis para o estudo do erro humano, propõe-se a adoção de um arcabouço metodológico ferramental auxiliar na compreensão sobre a ocorrência do erro em situações críticas. Este consiste na observação do operador enquanto realiza a mesma tarefa descrita nos relatórios de acidentes e incidentes em condições semelhantes à da ocorrência do erro. Uma vez que, por questões de segurança, não é possível realizar a observação em tempo real e no ambiente real de trabalho, propõe-se que o operador esteja imerso em cenários simulados.

O arcabouço deve permitir que a observação, seja direcionada para o registro, a coleta e a análise de dados sobre o sistema<sup>3</sup>, a tarefa<sup>4</sup> realizada e os instrumentos utilizados<sup>5</sup>, assim como sobre as características e comportamento do usuário<sup>6</sup>. Diante das diferentes variáveis envolvidas se faz necessária a adoção de uma abordagem multidisciplinar. Dentro da disciplina de Interface Homem-Máquina (IHM), tem-se a adoção da técnica de observação da interação (ou ensaios de avaliação) para realização de avaliações de usabilidade de produtos de software ou hardware. Esta consiste na realização de um experimento, em ambiente controlado, onde usuários interagem com um produto na realização de uma tarefa específica enquanto avaliadores observam o processo interativo e realizam registros dos eventos de interesse. Durante o processo, métricas objetivas ou subjetivas são coletadas e sua análise resulta na elaboração de um parecer sobre a usabilidade do produto utilizado seja feito. No entanto, considerando o objetivo das avaliações, com foco na usabilidade, existe uma predominância na observação dos componentes da interface dos produtos, sendo o componente usuário contemplado em segunda instância – em termos de ações realizadas (comportamento pontual), perfil genérico e níveis de satisfação. O estado

---

<sup>3</sup> Produto com o qual o usuário interage para realizar uma tarefa.

<sup>4</sup> Conjunto de atividades com um objetivo bem definido, a serem realizadas pelo usuário em um prazo definido.

<sup>5</sup> Ambiente no qual se encontram o usuário e o sistema durante a realização da tarefa.

<sup>6</sup> Operador responsável pela realização de uma tarefa a partir do uso de um sistema.

funcional, emocional e cognitivo do indivíduo, sua carga de trabalho e suas estratégias para tomada de decisão, geralmente não são considerados.

O conhecimento consolidado dentro do domínio de avaliação de usabilidade pelos integrantes do LIHM e a necessidade de estruturar a aplicação da observação da interação, identificada a partir da revisão bibliográfica realizada, são os pontos de partida para a proposição de um arcabouço metodológico ferramental que possibilite a observação da interação com foco no entendimento sobre o comportamento humano para o estudo de erros – a partir de um protocolo experimental [Mayhew 1999; Marchionini 2001]. No entanto, faz-se necessário explorar aspectos adicionais aos relativos à usabilidade de um sistema, pois de acordo com Rasmussen [et al. 1981] a análise do comportamento humano frente a uma adversidade na execução da tarefa é fonte importante de informação sobre os mecanismos cognitivos e as estratégias usadas durante a atividade. Para esta análise devem-se considerar os métodos adotados na psicologia para observação e compreensão do comportamento humano. Ampliando-se o contexto de observação da interação para contemplar a compreensão do comportamento humano, a proposição de melhorias para o processo interativo expande-se, e passa a considerar, além da interface utilizada (foco da usabilidade), o perfil e/ou treinamento do profissional alocado ao cargo, as características do ambiente (contexto) e/ou os procedimentos necessários para realização da tarefa. Como resultado final, espera-se, melhorar o processo interativo de forma abrangente, e conseqüentemente alcançar a diminuição da ocorrência de erros humanos.

## **1.2. Objetivos do Trabalho**

O foco deste trabalho consiste na concepção do método instrumental adequado para a observação da interação que considere a necessidade de imergir usuários em um cenário simulado de trabalho (tarefa e ambiente) que represente situações nas quais erros humanos ocorreram e foram registrados (relatos de acidentes e incidentes) com o intuito de permitir a identificação dos fatores que propiciam a ocorrência dos erros<sup>7</sup>. O arcabouço compreende a sistematização de etapas, processos e atividades em um protocolo experimental para guiar a observação da interação entre um usuário e um sistema sendo apoiado por um conjunto de ferramentas – PEOI: Protocolo Experimental para Observação da Interação.

---

<sup>7</sup> Desempenho considera: tarefa não concluída ou concluída com falha, tempo de realização da tarefa excedido, e número de erros cometidos.

A aplicação do protocolo deve tornar transparentes os métodos, técnicas e critérios utilizados no experimento, tornando-o conhecido, passível de replicação e conseqüentemente, possibilitando que seus resultados sejam considerados confiáveis. Para tanto, os requisitos adotados para a concepção do PEOI foram:

- (i) Definição de uma estrutura explícita da relação entre as etapas, processos, atividades, artefatos propostos e personagens/atores envolvidos na observação da interação;
- (ii) Abordagem que considere os aspectos relativos ao usuário (operador), ao sistema, a tarefa e ao seu contexto de uso no processo interativo – a fim de possibilitar a identificação de quais elementos do contexto no qual está inserido, do perfil do usuário, e do seu estado (emocional, funcional, cognitivo) podem influenciar seu comportamento na ocorrência, ou não, de erros;
- (iii) Apoiado por métodos e ferramentas para registro, coleta e análise de dados; e,
- (iv) Amparado por instrumentos que auxiliem a sua aplicação.

Embora se tenha conhecimento sobre os estudos que envolvem a Computação Afetiva, na qual se investiga técnicas para que sistemas computacionais possam reconhecer, modelar e responder às emoções humanas [Picard 1997]. E apesar de saber que os sistemas adaptativos tem sido foco de estudo desde a década de 70 [Nunes 2012] e objetivam promover o aumento da coerência, consistência, predicabilidade e credibilidade das reações e respostas computacionais que ocorrem durante a do usuário. Este trabalho de tese não contempla essa área de conhecimento, uma vez que no estágio atual da pesquisa tem-se a necessidade de compreender o comportamento humano, durante uma situação crítica, e sua relação com a ocorrência de erros. Não sendo oportuno, na ocasião, direcionar o estudo para a adaptação das interfaces do sistema para que esta contemple os elementos envolvidos no desenvolvimento da computação afetiva.

### **1.2.1. Objetivo Geral**

Este trabalho de tese tem por objetivo geral a sistematização de um protocolo experimental para a observação da interação a fim de permitir que situações de ocorrência do erro humano, descritas nos relatórios de acidentes, possam ser replicadas em ambiente simulado. Como resultado espera-se compreender o comportamento humano face à ocorrência do erro, sendo esta informação uma ferramenta auxiliar ao estudo do erro humano. Para tanto, pretende-se definir um modelo abstrato

simplificado para compreensão do comportamento humano a fim de identificar quais variáveis do perfil do indivíduo e do seu estado emocional, cognitivo e funcional podem influenciar seu comportamento e, conseqüentemente, seu desempenho na realização da tarefa.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos consistem em:

- (i) Definir a estrutura do protocolo experimental para observação da interação em etapas, processos, atividades;
- (ii) Definir uma abstração que represente um modelo para a compreensão do comportamento humano em apoio ao protocolo;
- (iii) Definir os envolvidos na realização de um experimento (papéis e responsabilidade);
- (iv) Definir os documentos a serem gerados durante o processo de realização do experimento (artefatos para documentação das decisões com seus respectivos templates);
- (v) Definir as técnicas para registro, coleta e análise dos dados (arcabouço ferramental de apoio); e,
- (vi) Definir a forma de representar o protocolo.

### **1.3. Metodologia de Desenvolvimento**

A metodologia adotada consistiu em uma abordagem multidisciplinar que combina o conhecimento dos domínios de interface homem-máquina, sob a ótica da usabilidade de produtos e da psicologia, sob o ponto de vista da compreensão do comportamento humano.

No tocante à interface homem-máquina, parte-se da sistematização das atividades sugeridas na técnica de observação da interação em ensaio de avaliação de usabilidade para identificar, a partir de métricas objetivas e subjetivas, as variáveis que interferem no processo interativo sob o aspecto da usabilidade do produto e do ambiente (contexto de uso). Tais informações são úteis para que um parecer sobre a usabilidade do produto utilizado seja definido.

Para a psicologia, pretende-se identificar quais as variáveis relativas ao estado funcional, emocional e cognitivo dos operadores e a sua carga de trabalho têm influência sobre seu desempenho – e conseqüentemente na ocorrência de erros humanos. Tal investigação parte do

estudo e escolha de um conjunto de ferramentas, utilizadas na psicologia para a observação do trabalho, que possa auxiliar o registro, a coleta e a análise de dados que favoreça a compreensão do comportamento humano.

Logo, a concepção do PEOI foi planejada de forma a considerar a possibilidade de identificar os fatores que influenciam o erro humano a partir de problemas na interface do sistema, no contexto e na tarefa (sob o ponto de vista da usabilidade de sistemas) assim como destina-se a favorecer a compreensão sobre a relação entre o perfil e o comportamento do operador na realização de uma tarefa (sob o ponto de vista da psicologia) e a ocorrência de erros humanos.

Considerando a completude e abrangência do protocolo, o mesmo foi aplicado de forma iterativa e incremental, ao longo de sua concepção, considerando diferentes contextos de domínios e resultando em instâncias particulares a cada experimento. Dentre as quais é possível destacar a aplicação do PEOI para: a avaliação de usabilidade de produtos de hardware e de software, a avaliação de acessibilidade de produtos de softwares, a observação da interação entre operadores e sistemas em situações críticas. Dentre as quais, a última aplicação do PEOI se destaca enquanto estudo de caso voltado para experimentos acadêmicos deste trabalho de tese.

#### **1.4. Estrutura da Tese**

O texto está organizado em seis Capítulos, incluindo este.

No Capítulo 2, tem-se o referencial teórico, base para o estudo realizado, contemplando temas relativos a observação da interação (interface homem-máquina) e à compreensão do comportamento humano (psicologia).

No Capítulo 3, tem-se a apresentação do Protocolo Experimental para Observação da Interação (PEOI) em termos de estrutura e de seus componentes; a descrição do Modelo para a Compreensão do Comportamento Humano (M2CH) e a definição do arcabouço ferramental de suporte a aplicação do PEOI quando apoiado pelo M2CH.

O Capítulo 4 contém a descrição das aplicações do PEOI que consideraram a observação da interação sob a ótica da usabilidade e da acessibilidade no contexto de situações críticas. A

aplicação do PEOI no domínio de gestão de crises no contexto de poluição marítima é detalhada e considerada o estudo de caso, sendo descritos os resultados obtidos.

No Capítulo 5, têm-se as discussões dos resultados obtidos a partir do estudo de caso, considerando os objetivos inicialmente propostos.

Por fim, o Capítulo 6, compreende uma reflexão sobre o trabalho e as indicações de possibilidades de continuidade e refinamento da pesquisa desenvolvida.

## CAPÍTULO 2: REFERENCIAL TEÓRICO

---

---

Neste capítulo aborda-se o referencial teórico necessário para a compreensão deste trabalho de tese. Para tanto, na subseção 2.1 tem-se a apresentação da técnica de observação da interação e seu uso na avaliação de usabilidade de produtos. O levantamento bibliográfico realizado possibilitou que as limitações das atuais abordagens fossem identificadas. Na seção 2.2 direciona-se o estudo para a psicologia e como esta disciplina busca a compreensão do comportamento humano, evidenciando trabalhos voltados para a psicologia do trabalho aplicada a ambientes (sistemas) dinâmicos. Como resultado, tem-se um conjunto de variáveis de interesse, geralmente observadas no estudo do comportamento humano. Por fim, na seção de conclusão (2.3) evidencia-se os resultados alcançados com o levantamento bibliográfico e sua importância para a proposição do Protocolo Experimental para Observação da Interação.

### **2.1. Observação da Interação: Interface Homem-Máquina**

Dentro do contexto de interface homem-máquina, adota-se a prática de avaliações de usabilidade de produtos a partir da observação da interação entre os usuários de teste (participantes) e um produto durante a realização de um conjunto de tarefas de pré-definidas. Como resultado tem-se a identificação dos elementos da interface que interferem no processo interativo e um diagnóstico relativo ao grau de usabilidade do produto avaliado – com as respectivas sugestões de adaptações.

No entanto, é sabido que os resultados da observação da interação podem ser comprometidos ou invalidados pelo mau planejamento do experimento, pela má condução do experimento ou pela má descrição do seu relato [Mayhew 1999]. Embora vários autores abordem o tema “ensaios de avaliação de produtos” [Nielsen 1994; Mayhew 1999; Dumas & Redish 1993; Redish 2007; Preece et al 2007], em seus trabalhos são mencionadas as listas de atividades a serem seguidas para a elaboração e execução de um plano de teste para avaliação de produtos. De forma resumida, tem-se a seguir as principais recomendações feitas por cada autor:

*Dumas e Redish (1993)* descrevem a necessidade de realizar recrutamento dos participantes, seja para participação do treinamento ou do ensaio; definir as tarefas de teste, a coleta de dados, a

elaboração do material e a realização de um teste piloto; e, destaca a necessidade de configurar adequadamente o ambiente de teste. Outros aspectos mencionados pelos autores revelam a preocupação em manter a integridade física, moral, social e intelectual do participante durante o ensaio, para tanto, sugere que o mesmo seja informado sobre a possibilidade de ser submetido à tensão e ao estresse.

*Nielsen (1993)* sugere um conjunto de atividades que incluem o planejamento da avaliação em termos técnicos e gerenciais; a definição das tarefas de teste, coleta de dados, elaboração e validação do material a ser utilizado no ensaio (teste piloto); e a preparação do ambiente de teste, introdução do participante ao ambiente de teste, realização do teste e pós-teste. O autor é bastante sucinto no tocante à tabulação, análise dos dados e posterior relato de resultados.

*Mayhew (1999) e Marchionini (2001)* sugerem o registro, dentre outras, informações acerca: das metas do experimento, dos paradigmas, técnicas e métodos de avaliação a serem utilizados, das características dos participantes, das habilidades dos avaliadores/observadores, do ambiente no qual será realizado o experimento, dos equipamentos necessários, das questões éticas envolvidas, do cronograma do experimento, da interação entre observador e participante durante o experimento, e do formato e conteúdo do relatório do experimento.

*Redish (2007)* enfatiza a necessidade de que os avaliadores conheçam bem o produto e seu contexto de uso, sugerindo que especialistas sejam consultados; recrutem participantes para o treinamento e participação no ensaio cujos perfis sejam compatíveis com os usuários reais do sistema; e elaborem cenários de teste que reflitam a realidade do usuário real do sistema.

Além do estudo bibliográfico das práticas de observação da interação adotados nas disciplinas de interface homem-máquina para a avaliação de usabilidade de produtos, realizou-se uma compilação das atividades e técnicas utilizadas na metodologia de avaliação empregada nos trabalhos realizados no LIHM ao longo de mais de 20 anos de experiência. Tal estudo compreendeu a análise de artigos, dissertações, teses e relatórios de avaliações de usabilidade no âmbito do LIHM [Farias 2000; Ferreira 2007; Ferreira et. al 2006, Nigan 2001; Oliveira 2005; Sampaio 2002 e Queiroz 2001]. Deste estudo é possível identificar um conjunto de atividades (ou aplicação de técnicas) adotadas nos experimentos, agrupados de acordo com os seguintes aspectos:

**Gerenciais** estimar a duração completa do ensaio e estabelecer cronograma; definir ambiente a ser utilizado, material e recursos necessários; definir modo de recrutamento dos participantes; cadastrar participantes; solicitar que o participante assine os documentos de aceitação das condições de realização de teste, de autorização de registro de sons e imagens e termo de sigilo;

**Produto** descrever o produto, definir sua natureza e identificar problemas-alvos; inspecionar o produto: inspeção informal realizada pelos avaliadores ou relativa à conformidade do produto a um padrão ou norma;

**Usuários (reais ou de teste - participantes)** entrevistar usuários reais do sistema, definir o perfil desejado para os usuários de teste e número de participantes (universo amostral);

**Equipe de avaliação** definir o perfil desejado para os avaliadores em termos de habilidades, conhecimentos e disponibilidade, assim como definir o número de membros na equipe;

**Tarefa de teste** identificar tarefas de teste e estimar o tempo de realização para cada uma, elaborar roteiro de tarefas de teste;

**Coleta de dados** elaborar fichas de registro de eventos; questionário pré-teste e pós-teste (perfil do usuário e sondagem da satisfação subjetiva do usuário), definir dados de interesse relativos aos indicadores qualitativos e quantitativos,

**Resultados** identificar problemas de usabilidade; listar os problemas/falhas identificados, classificar os problemas identificados de acordo com a severidade, abrangência e frequência de ocorrência, priorizar as falhas e definir um parecer sobre a usabilidade do produto.

A partir do estudo bibliográfico realizado, em sua totalidade, foi possível identificar uma estrutura genérica e com alto nível de abstração relativa às atividades recomendadas para os ensaios de avaliação descritos, implicitamente, pelos diferentes autores consultados. A estrutura compreende fases relativas ao planejamento do ensaio, a realização do treinamento do universo amostral (ou até mesmo da equipe de avaliação), a preparação e execução do ensaio e a organização e análise dos dados coletados seguida da apresentação dos resultados alcançados. Para cada uma dessas fases existe um objetivo em realizá-la e um resultado esperado após sua finalização. Tal estrutura abstrata encontra-se representada no Quadro 1.

### Quadro 1: Estrutura macro definida para o protocolo

#### Planejamento do Experimento

**Objetivo:** Conhecer o produto e seu contexto de uso para definir os objetivos e métodos da avaliação e identificar a necessidade de realizar treinamento no uso do produto.

**Resultado:** Avaliadores conhecem o produto e seu contexto de uso e definem os métodos de avaliação.

#### Treinamento

**Objetivo:** Familiarizar usuários de teste e/ou equipe de avaliação com o produto e seu contexto de uso ou com os métodos e técnicas de avaliação a serem utilizadas.

**Resultados:** Usuários de teste e/ou equipe de avaliação treinados.

#### Elaboração e Validação do Experimento

**Objetivo:** Preparar o material a ser utilizado no experimento e validá-lo a partir de um teste piloto.

**Resultados:** Material a ser utilizado no teste: elaborado, validado e ajustado (quando necessário).

#### Condução do Experimento e Coleta de Dados

**Objetivo:** Realizar sessões de avaliação com os usuários de teste recrutados e coletar os dados de acordo com as métricas e técnicas definidas.

**Resultados:** Roteiro de tarefas de teste executados; dados subjetivos e objetivos coletados; termos, cadastros e questionários preenchidos.

#### Tabulação e Análise dos Dados Coletados

**Objetivo:** Analisar e organizar os dados coletados a fim de identificar os problemas.

**Resultados:** Problemas encontrados, descritos e categorizados. Recomendações para correção dos problemas encontrados.

#### Apresentação dos Resultados do Experimento

**Objetivo:** Definir a forma, conteúdo e estrutura da apresentação dos resultados e elaborar o relato do experimento.

**Resultados:** Experimento documentado.

O agrupamento das práticas presentes na literatura e nos trabalhos realizados no âmbito do LIHM de acordo com a estrutura abstrata apresentada acima está sumarizado no Quadro 2.

No entanto, embora se tenha identificado a estrutura abstrata implícita aos ensaios de avaliação, é possível perceber que, embora exista a indicação sobre atividades, métodos e documentos a serem utilizados nos experimentos, nenhum dos trabalhos apresenta uma estrutura das atividades que explicita sua interdependência. A ausência de sistematização do processo pode dificultar a execução da observação, assim como podem comprometer o experimento e consequentemente a validade dos resultados alcançados.

Considerando a necessidade de apoiar a observação da interação por mecanismos que guiem a equipe de avaliação no planejamento, preparação, condução e relato de experimentos –

com objetivo de não comprometer o experimento nem os resultados alcançados – pretende-se utilizar essa estrutura abstrata como base para a definição e descrição de um conjunto de procedimentos e atividades apoiadas por documentos que conduzam o avaliador na elaboração e execução da observação. Esta suíte de documentos e recomendações é denominada protocolo experimental [Mayhew 1999; Marchionini 2001].

A partir de então, a elaboração do protocolo pretendido está dirigida por um conjunto de requisitos:

- (i) Definição de etapas, processos e atividades cujas relações de interdependência sejam explícitas, considerando, ainda, a consonância com as práticas descritas na literatura relativa a avaliação de usabilidade de produtos;
- (ii) Definição de personagens/atores envolvidos no experimento e os respectivos papéis a serem desempenhados – devidamente localizados dentro do fluxo de realização do experimento;
- (iii) Definição de um conjunto de documentos para registro do experimento (artefatos); e,
- (iv) Identificação de ferramentas para registro, coleta e análise de dados que contemple as variáveis definidas como de interesse para a compreensão do comportamento humano.

**Quadro 2: Contribuições da revisão de literatura para a definição do arcabouço do protocolo**

		LIHM <sup>8</sup>	Dum&Red (1993)	Nil (1993)	Red (2007)	May (1999)	Mar (2001)
	Conhecer o produto/problema	X			X		
<b>Etapa 1</b>	Planejar a avaliação <sup>9</sup>	X	X	X		X	X
	Planejar treinamento	X	X				
<b>Etapa 2</b>	Treinar o universo amostral e/ou a equipe de avaliação	X	X				
	Definir tarefas de teste	X	X	X	X		
	Definir coleta de dados		X	X		X	X
	Definir condução do teste	X	X	X			
<b>Etapa 3</b>	Elaborar material	X	X	X			
	Validar ensaio	X	X	X			
	Ajustar ensaio	X		X			
	Recrutar participantes	X	X	X			
	Preparar ambiente de teste	X	X	X			
	Introduzir participante ao ambiente de teste	X	X	X			
<b>Etapa 4</b>	Realizar tarefas de teste	X		X			
	Coletar dados durante a realização do teste	X	X	X			
	Finalizar teste	X		X			
	Organizar dados coletados	X					
<b>Etapa 5</b>	Analisar dados coletados	X					
	Definir apresentação dos resultados	X				X	X
<b>Etapa 6</b>	Elaborar apresentação dos resultados	X					

<sup>8</sup> Consiste no conjunto de trabalhos desenvolvidos no âmbito do LIHM.

<sup>9</sup> A avaliação (experimento) deve ser planejada tanto em termos técnicos (técnicas de avaliação, métodos, ambiente de teste, etc.) quanto em termos gerenciais (cronograma, recursos disponíveis – tempo, pessoal, financeiro.).

Para o domínio de interface homem-máquina a observação da interação é direcionada para a identificação de problemas na interface do sistema que podem interferir no desempenho dos usuários - sob o ponto de vista da usabilidade do produto. Para que o protocolo pretendido considere também os aspectos relacionados especificamente aos elementos do comportamento humano, se faz necessário ampliar a abrangência do protocolo para incorporar outro conjunto de dados de interesse cujo registro, coleta e análise sejam apoiados por métodos, técnicas e ferramentas que pertencem ao domínio da psicologia.

Portanto, toma-se como base o estudo das práticas adotadas pela psicologia cognitiva na observação de pessoas. O objetivo é identificar os componentes importantes para a compreensão do comportamento humano e mapea-los em dados de interesse para registro, coleta e análise.

## **2.2. Compreensão do comportamento humano: psicologia**

Para compreender o comportamento humano, sobretudo em situações críticas, se faz necessário conhecer as características da situação e definir quais são os componentes que influenciam o comportamento humano. É importante ressaltar ainda, que o comportamento é específico para cada indivíduo, onde a mesma situação pode levar cada indivíduo a reagir de forma diferente.

O entendimento do comportamento humano pode acontecer, entre outras formas, pelo estudo das reações humanas a episódios emocionais. Neste sentido, conceituar emoção, identificar quais são as emoções básicas<sup>10</sup> e quais são as emoções complexas<sup>11</sup>, assim como, definir uma maneira de representá-las e mensurá-las têm sido áreas de interesse no âmbito da psicologia desde a teoria da evolução de Darwin.

Desde os anos 80 o conhecimento dos processos emocionais se tornou de interesse da ciência diante do seu papel na comunicação, na tomada de decisão, no comportamento e na regulação social. Inevitavelmente, com o avanço e popularização das tecnologias interativas, o conhecimento do estado emocional (respostas a um episódio emocional) de usuários durante o processo interativo com sistemas vem sendo utilizado como fonte de informação a fim de melhorar as interações oferecidas pelo sistema, considerando um (ou mais) grupo de usuários [Tayari & Thanh. 2009].

---

<sup>10</sup> Universais, não reduzíveis e inatas.

<sup>11</sup> Combinações possíveis entre as emoções básicas a fim de formar estados emocionais complexos.

Embora emoção seja um conceito difícil de definir, seu significado no latim é movimento para o exterior. De acordo com Elias [1987] as emoções humanas possuem três compostos: o fisiológico, o comportamental e o sentimental. O primeiro é expresso de forma automática em uma situação de tensão, pressão, perigo, etc. a partir de alterações fisiológicas (mudança da frequência cardíaca, na velocidade de digestão, na quantidade de sangue irrigando os músculos, etc.). Por outro lado, os sentimentos são refletidos em raiva e medo, expressos a partir de comportamentos que refletem a função primitiva de preservar a existência.

Scherer [2001] amplia o conceito, considerando que a emoção é um episódio de mudanças inter-relacionados e sincronizados no estado de todos ou da maioria dos cinco subsistemas orgânicos em resposta à avaliação de estímulos externos ou internos que sejam relevantes para o organismo. Os componentes emocionais que apresentam respostas (estado emocional) a episódios emocionais são: cognitivo: processamento da informação – avaliação do episódio emocional; fisiológico: sintomas corporais neurofisiológicos como alteração no ritmo cardíaco, mudança na temperatura da pele, sudorese, etc.; motivacional: tendências de ação; motor: alterações nas expressões faciais, posturais e tons vocais; e, sentimental: sentimento subjetivo, voltado para a experiência emocional. Estes cinco componentes definem o CME (do inglês *Components Model of Emotion*) adotado como ponto de partida para o estudo das emoções neste estudo. Segue uma descrição mais detalhada de cada componente do CME:

**Avaliação cognitiva** É definida como uma avaliação rápida de uma situação que pode dirigir respostas emocionais (positivos ou negativos). Demir et al [2009] propõe o seguinte conjunto de componentes de avaliação: a consistência dos motivos, prazer intrínseco, a confirmação de expectativa, a conformidade padrão, agente, potencial de enfrentamento, e certeza.

**Reações fisiológicas** Têm como uma das principais vantagens a mensuração contínua dos dados do corpo, permitindo que as reações sejam identificadas com um elevado grau de sensibilidade [Paas 1992]. A observação da atividade cardíaca é uma técnica fisiológica utilizada na avaliação da carga de trabalho mental e de aspectos emocionais (ansiedade, por exemplo). No entanto, as medições fisiológicas são bastante sensíveis ao esforço físico, sendo assim, seu uso para identificação de carga de trabalho e estado emocional são indicadas apenas para a realização de atividades que envolvam pouco ou nenhum esforço físico [Brunken, Plass, & Leutner 2003]. Kreibig [2010] apresenta o resultado de uma revisão bibliográfica sobre o uso das reações

fisiológicas no estudo das emoções. As medições feitas com maior frequência são as cardiovasculares (frequência cardíaca<sup>12</sup>, a pressão arterial sistólica e diastólica<sup>13</sup> e variabilidade da frequência cardíaca<sup>14</sup>), os respiratórios (frequência respiratória<sup>15</sup>), e eletrodermais (nível da condutância da pele<sup>16</sup>).

**Expressões motoras** São classificadas em posturais, expressões vocais e faciais. Considerando a extensão e complexidade destes dados, este trabalho concentra-se apenas em expressões faciais. Para medir a expressão facial emocional, é necessário identificar as expressões faciais de interesse e então correlacionar os a emoção apropriada (ou conjunto de emoções). A obra mais consagrada neste contexto foi desenvolvida por Ekman e Friesen [1978]: *Facial Action Coding System (FACS)*.

**Sentimentos subjetivos** Refletem uma experiência única composta de sentimentos mentais e corporais relativas a um evento particular. Scherer [2005] afirma que não existe método objetivo para medir a experiência subjetiva. Para acessá-lo é preciso solicitar que o indivíduo informe sobre sua experiência ("Como você se sente / sentiu?").

**Tendência de comportamento** É o componente menos explorado na literatura, onde se sugere que sua medição seja feita a partir dos indicadores quantitativos, tais como: conclusão da tarefa, estado de realização da tarefa e tempo para execução da tarefa.

É importante ressaltar que, enquanto o comportamento não verbal (expressões faciais, vocais e posturais) e os indicadores fisiológicos podem ser medidos para inferir o estado emocional de um sujeito, não existem métodos objetivos para mensurar a experiência subjetiva do sujeito durante um episódio emocional. Diante dessa afirmativa é possível distinguir duas classes de métodos para mensuração das emoções, aqueles passíveis de medição objetiva (leitura das expressões faciais, medição dos batimentos cardíacos, por exemplo) e aqueles voltados para autoavaliação do sujeito (questionários, análise do discurso, *checklist*, etc.).

Estudos descritos em [Mahlke & Lindgaard 2007; Mahlke, Minge & Thüning 2006] identificam como a usabilidade e as reações emocionais podem determinar a avaliação geral do

<sup>12</sup> Do inglês: *Heart Rate - HR*

<sup>13</sup> Do inglês: *Systolic and Diastolic Blood Pressure - SBP*

<sup>14</sup> Do inglês: *Heart Rate Variability - HRV*

<sup>15</sup> Do inglês: *Respiration Rate - RR*

<sup>16</sup> Do inglês: *Skin Conductance Level - SCL*

usuário sobre o sistema em uso e, assim, influenciar as decisões e comportamentos futuros de seus usuários. Os estudos partem do CME para estruturar a definição de métodos que permitam a coleta de dados que possibilitem a identificação das emoções expressas de acordo com os diferentes componentes do CME.

Para Scherer [2005], no mundo ideal da ciência, deveria ser possível mensurar as emoções em seus cinco diferentes campos de resposta:

- (i) As mudanças contínuas no processo de avaliação e todos os níveis de processamento do sistema nervoso central (cognitivo);
- (ii) Os padrões de respostas gerados nos sistemas neuroendócrinos; autonômico e somático (fisiológico);
- (iii) As mudanças motivacionais produzidas pelo resultado das avaliações, em particular pelas tendências de ação o que incluem as assinaturas neurais relativas aos circuitos de comando motor (motivacional);
- (iv) Os padrões de expressões faciais e vocais, assim como os movimentos corporais (motor); e,
- (v) A natureza subjetiva dos estados experimentados que refletem todas as demais mudanças (sentimental).

No entanto, tendo ciência da impossibilidade de mensurar e analisar os dados referentes a todas as emoções existentes, considerando ainda a necessidade de se conhecer quais os elementos externos que favorecem a ocorrência dos episódios emocionais, o estudo bibliográfico foi direcionado para o âmbito da psicologia do trabalho. Mais especificamente no campo de aplicação dos conhecimentos da psicologia voltado para questões relacionadas ao trabalho humano, com vistas a promover a saúde do trabalhador e sua satisfação quando o mesmo utiliza um produto qualquer para realização de uma tarefa [Goulart & Sampaio 1998]. De acordo com [Leplat & Cuny 1977] o trabalho, enquanto objeto de estudo, deve ser observado e analisado considerando: (i) as interações que se estabelecem entre o homem e a máquina (instrumentos de trabalho, ambiente técnico); (ii) as inter-relações do trabalhador com grupo (formal ou informal) no qual está inserido: organizações, equipes, oficinas, fábricas, empresas, sindicatos, etc.; (iii) as relações e comunicações utilizadas no ambiente de trabalho; e (iv) da imagem que o trabalhador tem de sua tarefa, sua atitude para com ela, a satisfação resultante, etc.

A fim de identificar as variáveis de interesse para a psicologia do trabalho e como estas são observadas e mensuradas (coleta de dados) buscou-se na literatura trabalhos relacionados com a observação da interação e análise da tarefa considerando sistemas dinâmicos, onde as ações do operador se combinam com a evolução do próprio processo mesmo sem a intervenção do operador. As características dos ambientes dinâmicos são: (i) distancia entre o operador e o processo, acesso indireto ao campo de trabalho; (ii) continuidade do processo e das variáveis; (iii) rapidez da evolução do processo e do tempo de resposta; (iv) sincronismo dos ciclos e (v) estabilidade do processo. Os ambientes dinâmicos são classificados em: controle de processo, regulação de tráfego (aéreo ou de estrada); gestão de desastres, situações de distribuição (de energia elétrica, por exemplo) e anestesia.

Tomando como exemplo o contexto de regulação de tráfego aéreo, tem-se que a tarefa dos controladores de tráfego aéreo (do inglês: *Air Traffic Control*) consiste na tomada de decisões a fim de permitir o tráfego fluido, evitando riscos potenciais de conflito [Abdesslem et al 1999; Wickens, Mavor & McGee 1997; Bes 1999; Andersen & Bove 2000]. Assim o trabalho volta-se para o controle da aproximação e sequenciamento das aeronaves mantendo o espaço aéreo ordenado a fim de evitar colisões [Wickens Mavor & McGee 1997]. Dentro do contexto de tarefas críticas, o entendimento sobre o desempenho humano e o estado dos controladores é um dos principais aspectos para promover proteção e segurança na realização do trabalho.

O estudo sobre a diminuição do estado de alerta e aumento da tensão relacionados com o período do dia e com o período de serviço [Mélan, Galy & Cariou 2007] apresenta instrumentos investigativos simples no tocante a capacidade de recordar uma lista de itens (6 ou 9 itens) apresentados de forma visual ou auditiva. Em [Galy et al 2006] a relação entre aumento de fadiga e diminuição do desempenho são estudadas e associadas ao estado de alerta e o tempo de serviço do controlador. Cariou et al [2008] acrescentam ao estudo dos níveis de alerta e tensão a mensuração da temperatura oral e do ritmo cardíaco, sendo o resultado a definição de uma relação positiva entre o estado de alerta, a temperatura oral e o ritmo cardíaco a indicação de uma tensão subjetiva.

O trabalho de Gander [2001] apresenta a investigação sobre a fadiga, seguida pelo cansaço, nos controladores de tráfego aéreo, associado-a a carga de trabalho, período do dia, tempo de serviço, duração do turno de trabalho, etc. A fadiga é relacionada principalmente ao sono

(quantidade e qualidade) em uma influencia de duas direções, onde a fadiga pode ser causada pela falta de sono, ou sono de má qualidade, assim como a fadiga pode levar à insônia.

Uma abordagem mais abrangente [Mélan, Galy, & Cariou 2007] considera diferentes fatores que determinam as condições de trabalho dos ATCs e investiga como, a um curto prazo, estes elementos afetam a sonolência diurna e seu estado de alerta, e como a um longo prazo podem afetar a saúde e o bem estar dos mesmos. Para a análise dos impactos das características psicossociais do trabalho, conflitos família-trabalho e os horários de trabalho por turno na saúde e no bem estar dos ATCs. Para tanto, as variáveis definidas como de interesse são: como a carga de trabalho, pressão de tempo e intensidade de trafego, conflito de decisão; como o período de trabalho pode influenciar o estado de alerta (períodos noturnos e matutinos), o desempenho (período noturno) levando a uma fadiga acumulada; e como pouco sono ou sono de má qualidade podem acarretar em estresse no trabalho, efeitos na saúde e segurança no trabalho.

Collet [et al, 2009] aborda o estudo da tensão sofrida pelos ATCs e considera para tal a mensuração da carga de trabalho a partir de uma ferramenta de autoavaliação e de indicadores fisiológicos (do inglês: *skin potential, skin conductance, skin blood flow, skin temperature and instantaneous heart rate – cardiac*). A relação carga de trabalho e tensão fica explicita nos resultados alcançados.

Considerando que os componentes do CME relacionados ao estado emocional e que os elementos identificados no contexto de ATCs estão relacionados aos fatores internos ao operador, se fez necessário ampliar o estudo em busca dos fatores externos que influenciam o comportamento humano, como segue.

Considerando sistemas supervisórios enquanto ambientes dinâmicos, tem-se no trabalho de Li e Wieringa [2000] uma investigação sobre os elementos que interferem na percepção dos operadores no tocante a complexidade de tais sistemas. Os autores apresentam os fatores que influenciam a percepção dos operadores no formato de um *framework* que caracteriza a complexidade em: (i) objetivas: envolve a complexidade da tarefa, do processo, do sistema de controle e de sua interface; (ii) fatores pessoais: incluem treinamento, experiência, conhecimento, criatividade, personalidade, etc.; e, (iii) complexidade subjetiva: que envolve a complexidade percebida pelo indivíduo.

Outro estudo [Xiang, Xuhong & Bingquan 2008], no contexto de plantas nucleares, aponta como elementos relevantes para a ocorrência de falhas (erros humanos) fatores internos e externos ao operador. Onde, para o primeiro caso são apontados: conhecimento incompleto ou inadequado, falta de atenção, baixo nível de responsabilidade, ansiedade, alta carga de trabalho, autoconfiança. Como fatores externos, tem-se, gerenciamento organizacional, interfaces homem-máquina, procedimentos e comunicação. Os autores apresentam, ainda, um modelo das características psicológicas dos operadores que mais influenciam seu comportamento, a saber: características de personalidade e saúde psicológica.

O estudo realizado por Rothblum [et al 2002] aponta os fatores humanos que mais estão associados à ocorrência de acidentes marítimos. Dentre os quais se tem: cansaço, comunicação inadequada, conhecimento inadequado (técnico, do sistema do navio, de informação), projeto de automação deficiente, falhas em padrões, políticas e práticas, julgamento inadequado da situação, falhas de manutenção e causas naturais. Esses elementos são organizados em uma classificação que envolve elementos relacionados às influências organizacionais ou de supervisão, mas também destaca elementos associados ao operador e a sua condição de realizar bem a tarefa a qual foi designado. Neste caso, têm-se as limitações físicas ou mentais; o estado fisiológico inadequado; e o estado mental desfavorável.

No contexto de sistemas elétricos [Scherer et al. 2010b] a análise de um *corpus* de relatórios de acidentes identificou vários fatores que contribuem para o erro humano. O resultado classifica os fatores em quatro categorias: organização, tarefa, ação e operador, com os elementos distribuídos em grupos: equipamento, material, ambiente, programação, execução, dados organizacionais, dados do usuário, características do trabalho (ambiente), perfil psicológico, mecanismos de disfunção humana e disfunções humanas internas. Para a categoria “operador”, pertencente ao grupo características de trabalho, foi possível identificar nos relatórios os seguintes itens associados ao estado do operador: ansiedade, cansaço/fadiga, confusão, distração/cautela/indiferença, excitação, tensão/estresse, alerta, autoconfiança e medo.

Diante do resultado do levantamento bibliográfico, percebe-se que o comportamento é compreendido como resultado de várias componentes envolvidas no processo de interação entre o usuário e o sistema, considerando seu contexto. De forma geral, o contexto compreende: a tarefa a ser realizada, os fatores de estresse (eventos externos) que podem se apresentar durante a

interação entre o usuários e o sistema e o nível de usabilidade deste sistema. Além desses elementos externos, têm-se as características inerentes ao usuário, que são determinantes na forma como este entende e interpreta o ambiente no qual está inserido, reagindo à situação vivenciada.

Concentrando-se no componente humano do processo interativo, é necessário compreender a percepção dos usuários sobre a experiência encontrada durante o uso do produto – realização de uma tarefa. Assim, a percepção dos indivíduos é influenciada por suas características pessoais, seu estado funcional, emocional e cognitivo e as características da situação.

A percepção que o indivíduo tem sobre a situação na qual está inserido é determinante sobre a tomada de decisão na resolução de problemas – execução da tarefa de interesse. Se as estratégias são boas, o resultado da execução da tarefa será bem sucedido. No caso contrário, esta poderá ser finalizada com erros, com atraso relativo ao tempo de execução esperado e pode comprometer o estado de realização da tarefa – variáveis que caracterizam o desempenho dos indivíduos.

Portanto, sugere-se que os fatores que influenciam o comportamento humano, identificados a partir do levantamento bibliográfico, sejam agrupados em cinco componentes, a saber: (i) características da situação; (ii) características do indivíduo; (iii) estado funcional do indivíduo; (iv) percepção da situação (pelo indivíduo); e, (v) desempenho na realização da tarefa de interesse – distribuição disponível no Quadro 3.

Resumindo as informações contidas no quadro, considera-se neste trabalho que para a compreensão do comportamento humano se faz necessário conhecer, minimamente, as características pessoais do usuário, seu estado funcional e como ambos influenciam na sua percepção sobre a situação vivenciada, que está diretamente relacionada com as estratégias para resolução do problema, onde o resultado final consiste no desempenho do indivíduo na realização da tarefa. Cada componente é associado a elementos diferentes e complementares cujos relacionamentos foram definidos inspirados em [Galy, Cariou, & Mélan, 2012], como segue: (i) características da situação: grau de usabilidade do sistema, os eventos estressores e as características da tarefa/cenário a ser realizada; (ii) características do indivíduo (pessoais / usuários): seu perfil, seus traços de personalidade e sua capacidade de atenção; (iii) estado funcional (dos usuários): nível de alerta (vigilância) e ansiedade; (iv) percepção (dos usuários)

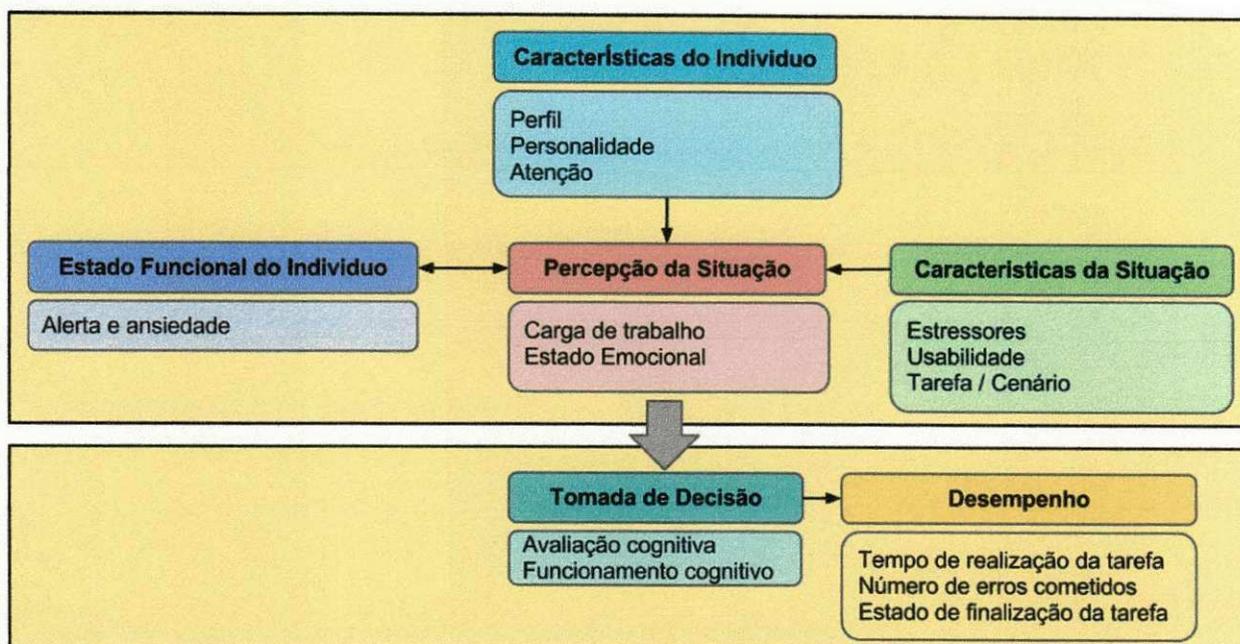
sobre a situação: carga de trabalho (vivenciada e percebida) e ao estado emocional (percebido e expresso); (v) tomada de decisão (dos usuários): avaliação cognitiva (percepção, intenção, diagnóstico, planificação e ação); (vi) desempenho (dos usuários): tempo de realização da tarefa, número de erros cometidos e estado de finalização da tarefa.

Diante deste ponto de vista, definiu-se uma abstração para o Modelo para Compreensão do Comportamento Humano (M2CH) composto por seis categorias inter-relacionadas (Figura 1).

**Quadro 3: Fatores que influenciam o comportamento humano**

	ATCs	Sistemas Supervisórios	Plantas Nucleares	Marítimos	Sistemas Elétricos
<b>Características da situação</b>					
Manutenção <sup>a</sup>				X	
Comunicação			X	X	
Organização			X		X
Interface <sup>b</sup>		X	X	X <sup>j</sup>	
Período do dia					
Período do serviço	X				
Pressão de tempo	X				
Procedimentos <sup>c</sup>			X	X	
Processo <sup>d</sup>		X			
Sistema <sup>d</sup>		X			
Tarefa <sup>d</sup>		X			X
Turno de trabalho <sup>e</sup>	X				
Treinamento		X			
<b>Característica do indivíduo</b>					
Autoconfiança			X		X
Responsabilidade <sup>f</sup>			X		
Criatividade		X			
Estado Mental <sup>g</sup>			X	X	X
Experiência e Conhecimento		X	X	X	
Falta de Atenção			X		X
Limitações Físicas				X	
Limitações Mentais <sup>h</sup>				X	X
Personalidade		X	X		
<b>Estado funcional</b>					
Alerta	X				X
Ansiedade			X		X
Estado Fisiológico				X	
<b>Percepção da situação</b>					
Complexidade		X			
Carga de trabalho	X		X		
Estado Emocional	X				X
Estresse	X				X
Tensão	X				X
Cansaço (fadiga)	X			X	X
<b>Tomada de decisão</b>					
Confusão					X
Conflito de decisão	X				
Julgamento <sup>i</sup>				X	
<b>Desempenho <sup>l</sup></b>					
	X				X

Legenda: a (falha de manutenção); b(interface homem-máquina); c (padrões, políticas e práticas); d (complexidade); e (duração); f (Baixo Nível); g (perfil psicológico); h (disfunção); i (julgamento inadequado); j(projeto de automação); l (ação do operador).



**Figura 1: Modelo para Compreensão do Comportamento Humano**

**Características da situação:** O ambiente no qual o indivíduo está inserido contribui para sua reação (comportamento) ao experimentar uma situação. Elementos relativos à ergonomia organizacional [Guimarães 2004; Iida 2005; Wisner 1987] devem ser considerados. Onde se faz necessário compreender a estrutura organizacional<sup>17</sup>, as condições físicas do ambiente<sup>18</sup>, as características do trabalho e da tarefa<sup>19</sup>, as estratégias de comunicação<sup>20</sup>, a necessidade de uso de equipamentos auxiliares<sup>21</sup>, o nível de formação / treinamento (nível e frequência) qualificação (nível e frequência) e conhecimento<sup>22</sup> necessário para o desempenho da função. No modelo, esses elementos foram mapeados em tarefa e estressores (fatores externos) que definem o cenário no

<sup>17</sup> Gerenciamento, autonomia, flexibilidade, assistência, pressões, supervisão, políticas - de produtividade, de desempenho, de incentivo/motivação e de monitoramento.

<sup>18</sup> Temperatura, umidade, iluminação, ruído, instabilidade ambiental, espaço, mobiliário, segurança / risco.

<sup>19</sup> À distância/presencial, em equipe/individual, em turnos, com/sem deslocamento, horas de trabalho, ritmo de trabalho, descanso (intervalo/repouso), interrupções, demandas simultâneas, demandas de fontes múltiplas, heterogeneidade de processamento, magnitude e precisão das respostas, dependência, risco resultante de erro.

<sup>20</sup> Estrutura de comunicação (hierarquia), linguagem, meio de comunicação.

<sup>21</sup> Hardware, software, equipamento e roupa de proteção, material de consulta.

<sup>22</sup> Do produto, da tarefa, do cargo, da organização.

qual o indivíduo está imerso e na usabilidade dos produtos utilizados (hardware, software, equipamentos, etc.).

**Características do indivíduo** O perfil dos indivíduos é classicamente associado às características relativas às informações pessoais (idade, gênero), físicas (limitações visuais) e profissionais (treinamento, conhecimento, experiência, etc.) de um sujeito. No entanto, outras abordagens [Scherer et al 2010a] ampliam o perfil do usuário para incluir características clínicas (memória, linguagem e habilidades mentais), contextuais (características do ambiente de trabalho) e psicológicas (temperamento e personalidade).

Embora existam definições distintas sobre traços de *personalidade*, [Endler & Kocovski 2001], a ideia central é de que as pessoas que expressam um traço de personalidade estão predispostas a reagir, de forma inconsciente, de uma maneira regular e coerente. Ou seja, o traço de personalidade é uma característica constante do indivíduo, mesmo quando este se depara com situações variadas. O estudo realizado por Szalma [2009] teve por objetivo avaliar o efeito conjunto da tarefa e das características pessoais (personalidade, mais especificamente otimistas e pessimistas) com o desempenho, à carga de trabalho e o estresse, associados ao estado de alerta. O resultado mostra que a diferença existe, e que para os pessimistas, essa variação depende também das características da tarefa. Conard e Matthews [2008] testam um modelo para o processo de estresse a partir dos efeitos da personalidade, da capacidade cognitiva e da carga de trabalho no estresse. Os autores indicam que os traços de personalidade influenciam na percepção que os indivíduos têm sobre o estresse. Aqueles com traço de personalidade negativo tendem a se aborrecerem com maior frequência e facilidade em situações diárias, sendo seus mecanismos de resposta (enfrentamento à situação) menos eficazes. O desempenho desses indivíduos, na realização de uma tarefa, é pior quando existe uma mudança repentina de carga de trabalho. Cox-Fuenzalia [et al 2004] apresentam os efeitos dos traços de personalidade (mais especificamente o neuroticismo – associado à ansiedade) na carga de trabalho e no desempenho dos indivíduos. Os autores remetem a pesquisas que indicam a relação existente entre o traço de personalidade (neuroticismo) e o desempenho de tarefas. Onde indivíduos que apresentam neuroticismo respondem mais lentamente à estímulos, e tem menor desempenho em atividades que exigem alerta, como monitoramento, ou que sejam complexas.

Na revisão de literatura realizada por Lopes [et al 2005] tem-se como foco o estudo do Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH), comumente identificados na infância, mas cujos sintomas permanecem na idade adulta e podendo interferir em suas atividades profissionais. O TDAH é uma condição neurobiológica que interfere na capacidade de atenção, na impulsividade e na hiperatividade do indivíduo. Dentre as dificuldades enfrentadas pelos que sofrem deste transtorno, na fase adulta, tem-se: tendência pronunciada à distração, esquecimento, repetições de erros, dificuldade em recordar. Esses elementos podem interferir no comportamento dos indivíduos durante a realização de uma tarefa de interesse.

**Estado funcional** De acordo com Thayer [1987], o desempenho de uma tarefa é sensível ao estado funcional (alerta/excitação/ansiedade) do operador que a executa, sendo determinante no seu comportamento. O modelo de ativação multidimensional [Thayer 1985; 1986] é composto por duas dimensões: excitação energética e excitação tensa<sup>23</sup>. A excitação tensa é assumida diante de uma situação de medo, enquanto que a excitação energética varia naturalmente de acordo com o ritmo cardíaco, assim como em função de fatores como horário do dia, exercícios, nutrição e carga mental de trabalho [Thayer, 1987; Cariou, Galy & Mélan 2008]. As duas dimensões se relacionam entre si de forma que uma situação de perigo tem um impacto psicológico positivo (boa excitação tensa) quando a excitação energética está baixa, tendo menor impacto quando a excitação energética está alta [Mélan, Galy & Cariou 2007].

**Percepção da situação** Consideram-se dois fatores, inter-relacionados, que influenciam a percepção que o indivíduo tem da situação vivenciada: o estado emocional e a carga de trabalho. Para o estado emocional têm-se os cinco componentes que definem o CME, descrito anteriormente. Sobre a carga de trabalho, para Miller [2001], após uma ampla revisão de literatura no tema, uma das grandes dificuldades em mensurar este componente está associada a sua natureza multidimensional - vários fatores de influência e resposta em diferentes níveis ou reações.

A medição da carga de trabalho pode ser realizada a partir de medidas fisiológicas, subjetiva, ou com base no desempenho do indivíduo [Miller 2001; Weinger et al 2000]. Para as medidas fisiológicas, tem-se a premissa de que o aumento da exigência mental conduz ao aumento da resposta física do corpo, o que exige uma medição contínua do corpo cujos reflexos

---

<sup>23</sup> Os termos em inglês são: *energetic arousal* e *tense arousal*.

se dão a partir de mudanças na atividade cardíaca, cerebral, respiratória, nos tons de voz, e no movimento dos olhos. Do ponto de vista subjetivo, normalmente são utilizadas escalas (unidimensionais e multidimensionais) para que o indivíduo classifique sua carga de trabalho percebida. Para a observação da carga de trabalho a partir do desempenho, analisa-se a capacidade do indivíduo realizar uma tarefa e como seu desempenho diminui com o aumento da carga de trabalho. É usual que mais de um meio de medição seja utilizado, sendo indicada a adoção de pelo menos duas das categorias citadas.

**Tomada de decisão** De acordo com Guimarães [2004] está relacionada a qualidade da informação sendo processada; as condições de trabalho (ambiente e contexto organizacional) e o estado do usuário. Dificuldades, encontradas em qualquer um destes âmbitos, podem interferir na tomada de decisão, onde o resultado pode ser o esperado (nenhuma ou pouca influência) ou inesperado que pode ocasionar incidentes, acidentes ou desastres. Os fatores mais específicos a serem investigados, segundo o autor, são: estresse prolongado, esforço físico, monotonia, instabilidade, demandas simultâneas, heterogeneidade de processamento, etc. Segundo Lazarus [1984] a avaliação cognitiva é composta por duas avaliações distintas e complementares: a primária e a secundária. A primária diz respeito à percepção do indivíduo sobre como a situação afeta o seu bem estar, momentâneo ou futuro. A avaliação pode conduzir a três resultados genéricos: irrelevante (neutro – sem implicações de perda ou de ganho), positivo (preserva o bem estar ou agrega valor positivo ao estado já existente) ou negativo/estressante (danos/perdas, ameaças ou desafios com implicações negativas para o). A avaliação secundária consiste em identificar as possibilidades de como lidar, da melhor forma, com a situação presente. A relação entre as avaliações primária e secundária é complexa, no entanto, pode ser simplificada: a interpretação pessoal da situação é a principal responsável por como os indivíduos reagem à situação.

De acordo com Scherer, em [2001; 2004; 2009], a avaliação cognitiva toma como base, de forma geral, a relevância, as implicações, o potencial de enfrentamento e os significados normativos (compatibilidade com normas e padrões) de uma situação. Os quatro objetos, macro, estão relacionados aos *Stimulus Evaluation Checks* (SECs), que são decompostos em: (i) motivo (abstrato ou concreto), ou seja, a consistência ou inconsistência entre a situação em relação ao que se quer; (ii) prazer intrínseco, lida com prazer sensorial de um objeto, ou seja, quanto um objeto agrada ou desagrade; (iii) confirmação de expectativas diz respeito a se o resultado do evento confirma ou viola suas expectativas; (iv) agente é aquele (quem ou o que) responsável

pela situação em questão, sendo as possíveis respostas: o indivíduo, outra pessoa (ou coisa) ou as circunstâncias gerais; (v) conformidade com padrões refere-se a como a situação se relaciona com normas e padrões sociais; (vi) possibilidade de enfrentamento esta relacionada a como a situação pode ser resolvida ou modificada e (vii) certeza, ou seja, quão consciente o indivíduo está sobre a situação e suas implicações.

**Desempenho** É resultado de um comportamento estabelecido, que pode ser compreendido como um conjunto de critérios, com estimativa pré-estabelecidas, a serem satisfeitos na realização da tarefa. Chi e Lin [1997] demonstraram um *trade-off* entre estes critérios de desempenho, como o tempo necessário para concluir uma tarefa, que aumenta quando os requisitos de precisão aumentam, enquanto que uma diminuição na precisão ocorre quando os requisitos de rapidez na realização da tarefa aumenta. Assim, Fournier, Wilson e Swain [1999] propôs um método para a construção de um índice de desempenho, considerando tanto a precisão de resposta quanto a sua latência. Foram observados os comportamentos de indivíduos na realização de multitarefas e os resultados revelaram que o desempenho global diminuiu quando a demanda da tarefa aumentou. Havendo a melhora de desempenho associada a participação dos indivíduos em treinamentos.

Exceto para os elementos “características da situação” e “características do indivíduo” do M2CH não existe uma relação explícita com os componentes do CME. No Quadro 4 as relações são apresentadas. A busca por ferramentas que permitam a coleta dessas informações será guiada pelos dois modelos – M2CH e CME.

**Quadro 4: Relação entre os elementos do M2CH e os componentes do CME**

		CME				
		Avaliação Cognitiva	Reações Fisiológicas	Expressões Motoras	Sentimentos Subjetivos	Tendências de comportamento
M2CH	Estado Funcional do Indivíduo <sup>a</sup>		X		X	
	Percepção da Situação <sup>b</sup>	X	X	X	X	
	Tomada de Decisão <sup>c</sup>	X				
	Desempenho <sup>d</sup>					X

Legenda: a (alerta e ansiedade); b (estado emocional); c (avaliação cognitiva); d (tempo de realização da tarefa, estado de finalização da tarefa e erros cometidos).

### **2.3. Conclusão**

O levantamento bibliográfico referente à disciplina de interface homem-máquina, avaliações de usabilidade, permitiu a identificação de uma estrutura genérica adotada nas observações da interação. Tal estrutura foi organizada em um conjunto de etapas, onde cada uma foi associada a objetivos e resultados pretendidos com sua realização. Esta estrutura define o esqueleto base para a elaboração do Protocolo Experimental para Observação da Interação (PEOI). O estudo realizado no domínio da psicologia permitiu identificar um conjunto de variáveis consideradas para a compreensão do comportamento humano – seja na observação do trabalho ou na análise de relatórios de acidentes. Tais variáveis foram organizadas em um modelo abstrato simplificado para a compreensão do comportamento humano (M2CH). O relacionamento entre os elementos do modelo também foram estabelecidos e devem apoiar o protocolo na coleta dos dados durante o processo de observação da interação. O suporte ferramental associado ao M2CH, e consequentemente ao PEOI, estão definidos no Capítulo seguinte.

## CAPÍTULO 3: PEOI APOIADO PELO M2CH

---

---

Este capítulo contém a descrição do **Protocolo Experimental para Observação da Interação (PEOI)** desde a sua estrutura base, resultado do levantamento bibliográfico realizado sobre avaliação de usabilidade de produtos (observação da interação) até o seu formato mais completo que abrange os elementos definidos pelo **Modelo Abstrato Simplificado para Compreensão do Comportamento Humano (M2CH)**. Na seção 3.1 tem-se a apresentação do fluxo de realização do PEOI em termos de etapas, processos e atividades. Na seção 3.2 definem-se os papéis e responsabilidades dos envolvidos na realização do experimento e a identificação de quando, no fluxo de realização do protocolo, cada um dos personagens atua. Na seção 3.3 tem-se a proposição de uma lista de artefatos que devem apoiar a documentação das decisões do experimento. A seção 3.4 está direcionada para apresentar o suporte ferramental para o registro e coleta dos dados de interesse no experimento, seguido pela seção 3.5 com a proposição para o procedimento de análise dos dados. Por fim, a conclusão (seção 3.6) que apresenta a motivação para validação do protocolo.

### **3.1. Estrutura: Etapas, Processos e Atividades.**

PEOI está organizado em seis etapas compostas por processos os quais são detalhados em atividades. Cada etapa esta associada a um ou mais objetivos e/ou resultados que devem ser alcançados após sua execução. A realização de uma etapa consiste em executar um conjunto (ou subconjunto) de processos e de atividades que a compõem. Segue a descrição das etapas e dos processos presentes no protocolo.

**Etapa 1: Planejamento do Ensaio de Avaliação:** tem por objetivo tornar o produto, seu contexto de aplicação e seus usuários conhecidos pela equipe de avaliação para que seja possível iniciar uma reflexão sobre o processo de observação de uma forma geral.

Processo 1.1: Conhecimento do produto e seu contexto de uso: agrupa atividades de consultar: os clientes, a descrição do produto, os usuários reais e os especialistas, a fim de

obter informações diversas, considerando aspectos distintos, sobre o produto e seu contexto de uso.

Processo 1.2: Definição do plano do experimento: reúne atividades que direcionam a elaboração de um plano inicial para a observação considerando informações sobre: a equipe de avaliação, o universo amostral (participantes enquanto usuários de teste), a tarefa a ser realizada com o produto, aspectos gerais (gerenciais) e aspectos relativos à coleta e análise de dados.

**Etapa 2: Treinamento**: quando necessário, pode-se realizar treinamento com a equipe de avaliação e/ou com o universo amostral, a fim de familiarizar os envolvidos com o produto, seu contexto de uso, ferramentas ou métodos utilizados. Sua realização é, portanto, opcional. Esta etapa é composta por dois processos, opcionais, que podem ser realizados paralelamente:

Processo 2.1: Treinamento da equipe de avaliação: consiste na execução do treinamento com os membros da equipe de avaliação de acordo com a estratégia de treinamento estabelecida na Etapa 1.

Processo 2.2: Treinamento do universo amostral: consiste na execução do treinamento com os participantes do teste que compõem o universo amostral de acordo com a estratégia de treinamento estabelecida na Etapa 1.

**Etapa 3 - Elaboração e Validação do Ensaio de Avaliação**: objetiva estruturar o experimento e elaborar o material a ser utilizado<sup>24</sup>. Esta etapa pode ser entendida como um refinamento/detalhamento da Etapa 1.

Processo 3.1: Elaboração do material da avaliação: congrega atividades relacionadas à geração de material para a observação da interação, para tanto considera a definição da coleta e análise de dados (O que coletar? Como coletar? Para que coletar? Quais técnicas de análise utilizar?), dos recursos necessários, entre outros.

Processo 3.2: Realização de teste piloto (validação e ajustes): consiste na realização do Processo 4.2 em caráter experimental a fim de validar o material elaborado e o plano do

---

<sup>24</sup> Elaboração do material (Processo 3.1) – teste piloto (Processo 3.2) – refinamento do material (Processo 3.1) – teste piloto (Processo 3.2) – refinamento do material (Processo 3.1) – etc.

ensaio de avaliação definido. Quando necessário, ajustes são realizados para adequação do material diante dos resultados obtidos com o teste piloto (Processo 3.1).

**Etapa 4 - Realização do Ensaio de Observação:** execução do ensaio planejado que consiste na realização da tarefa pelos participantes e na coleta de dados pelos avaliadores.

Processo 4.1: Preparação do ambiente e coleta de dados pré-interação: reúne atividades relacionadas a configuração do ambiente de teste e a recepção do participante a fim de introduzi-lo no ambiente de teste. Este processo também inclui a coleta de dados prévios à interação.

Processo 4.2: Realização de tarefas e coleta de dados de interação: reúne atividades durante as quais o participante realiza as tarefas de teste e os avaliadores acompanham a interação fazendo o registro dos eventos importantes e coletando os dados durante a interação - registros de áudio e vídeo são bastante úteis.

Processo 4.3: Preparação do ambiente e coleta de dados pré-interação: agrega atividades para armazenamento dos dados coletados, organização do ambiente de teste (interromper registros, reconfigurar sistema, etc.) e a coleta de dados posterior à interação.

**Etapa 5 - Tabulação e Análise de Dados:** tem por objetivo estruturar e organizar os dados coletados seguido da análise dos dados de interesse.

Processo 5.1: Organização dos dados: consiste na organização e tabulação dos dados coletados a fim de preparar as informações para a análise dos dados.

Processo 5.2: Análise dos dados: reúne atividades para compreensão dos dados coletados. A análise dos diferentes tipos de dados deve considerar a ferramenta utilizada na coleta. Este processo deve buscar a compreensão de cada tipo de dado em particular, assim como procurar a relação entre os mesmos a partir de cruzamento de dados.

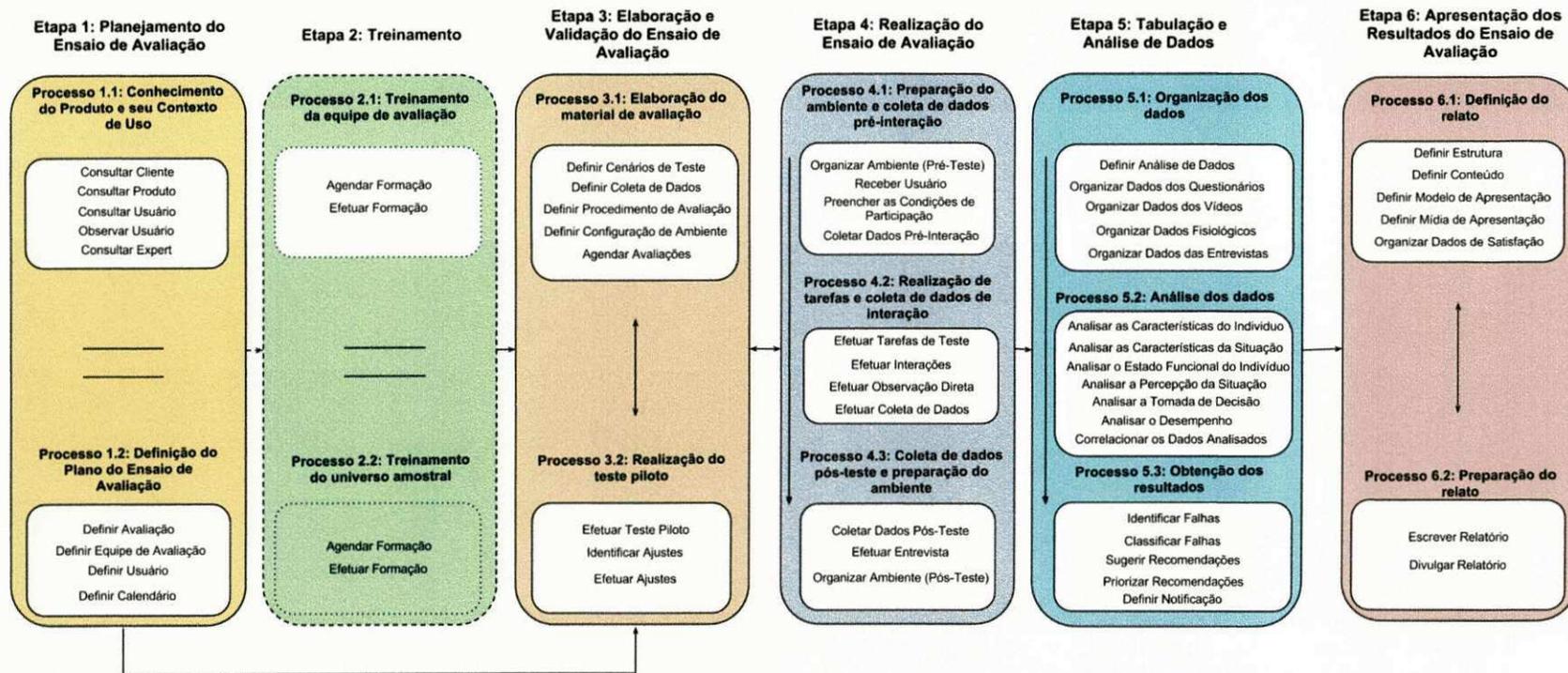
Processo 5.3: Obtenção dos resultados: agrupa as atividades que resultam na conclusão sobre o experimento com base nos dados analisados sob o ponto de vista da interação observada: falhas encontradas, recomendações para melhoria do processo interativo, priorização das falhas e um parecer sobre a interação entre o participante e o produto.

**Etapa 6 - Apresentação dos Resultados do Ensaio de Avaliação:** objetiva definir a forma, a mídia e o conteúdo presente no relato do experimento, assim como a elaboração do mesmo.

Processo 6.1: Definição do relato: consiste na identificação de como o relato do ensaio deve ser elaborado em termos de formato, conteúdo, mídia, etc.

Processo 6.2: Preparação do relato: consiste na elaboração do relato e disponibilização do mesmo para as partes interessadas.

A Figura 2 consiste em uma representação gráfica da organização dos processos presentes em cada etapa do protocolo – fluxo de realização que compreende as etapas, os processos e as atividades, e o relacionamento entre esses elementos. O fluxo de realização do processo é representado por setas e os processos paralelos por linhas paralelas. As setas e os processos com destaque em tracejados indicam realização opcional.



**Figura 2: Fluxo de realização do PEI**

### 3.2. Envolvidos: Papéis e Responsabilidades

A fim de facilitar a aplicação do PEOI, definiu-se um conjunto de papéis a serem desempenhados pelos envolvidos no experimento. Um papel define as responsabilidades de uma pessoa durante a aplicação do protocolo – onde, uma pessoa atua em um (ou mais) papel (is) enquanto personagem. Os papéis foram agrupados em duas categorias principais: equipe de avaliação e envolvidos cujas responsabilidades estão descritas no Quadro 5.

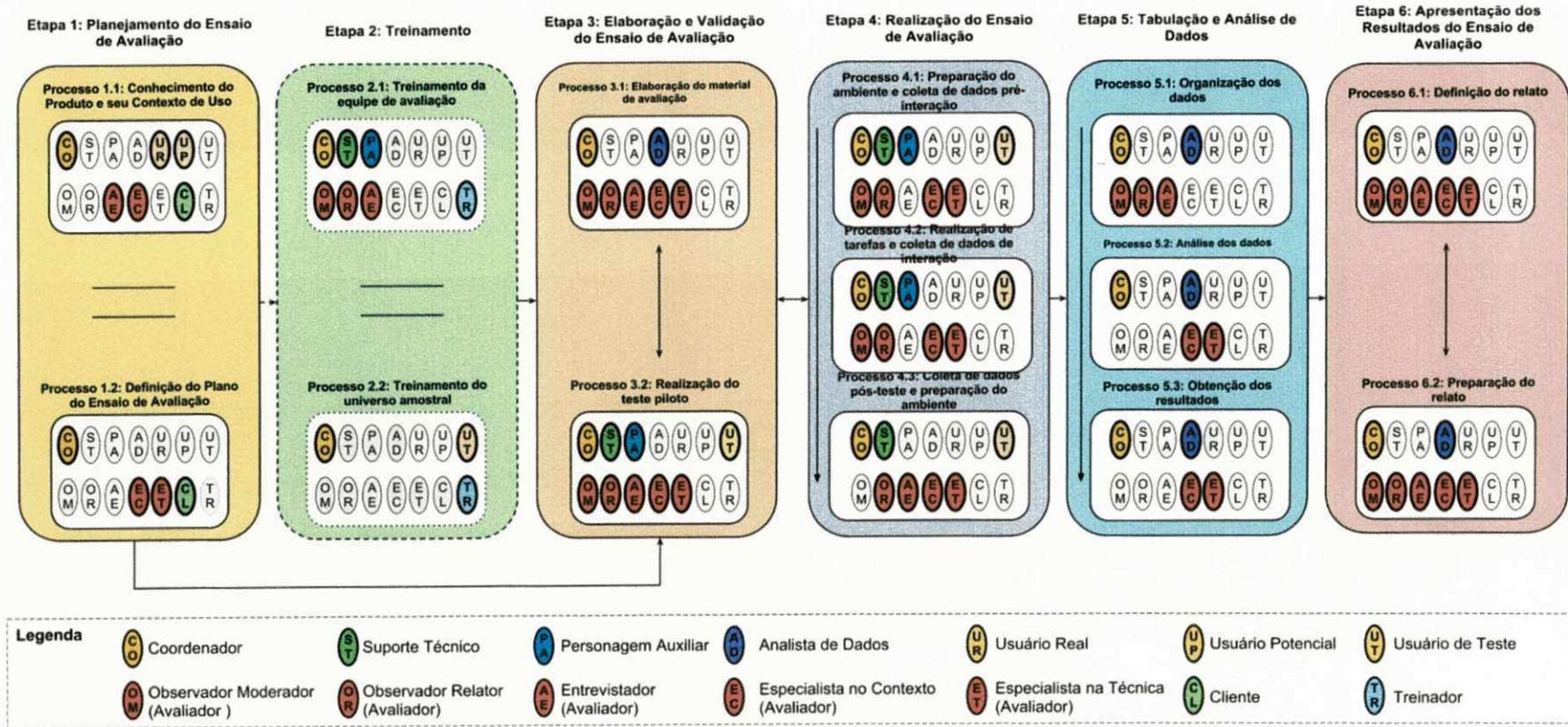
A depender do experimento, das habilidades e características dos participantes, é possível que clientes e usuários (reais e/ou potenciais) possam assumir o papel de especialistas no contexto; e que clientes, especialistas no contexto e/ou usuários (reais e/ou potenciais) possam atuar enquanto treinadores. Um personagem auxiliar pode ser um usuário real (e ou potencial), especialista no contexto ou alguém da equipe de avaliação que entende suficientemente o contexto de uso do produto.

Uma vez definidos, buscou-se identificar em qual processo do PEOI cada personagem exerceria uma atividade ativa. Como resultado tem-se a distribuição dos papéis ao longo do fluxo do protocolo evidenciando (destaque) os papéis mais relevantes para o conjunto de atividades presentes em cada processo. Na Figura 3 os identificadores dos papéis estão com cores fortes quando atuam no respectivo processo, e cores fracas quando sua participação não é explícita ou essencial.

**Quadro 5: Papéis e responsabilidades**

<b>Equipe de avaliação</b>	
Coordenador	Responsável pelo experimento como um todo, considerando aspectos de gestão de pessoal, de recursos, de tempo, etc.
Avaliador	Realiza o planejamento e a condução do experimento. Existem três categorias de Avaliadores: Observadores, Entrevistadores ou Especialistas.
Observador	Àquele que observa o processo interativo entre os participantes e o produto na realização da tarefa durante a realização do experimento (Processo 4.2) ou para conhecer o uso do produto (Processo 1.1). Observadores podem ser Mediadores ou Relatores.
Mediador	Estabelece comunicação com os participantes durante o processo interativo.
Relator	Registra, por meio de anotações, as informações relevantes do processo interativo observado (eventos importantes, tempos, etc.).
Entrevistador	Responsável por interagir diretamente com os participantes a fim de coletar informações a partir da realização de entrevistas, questionamentos diretos e indiretos (atuação principal nos processos 1.1 e 4.3)

Especialista	Membro da equipe de avaliação que possui conhecimento específico relativos em alguma técnica de coleta/análise de dados ou no contexto considerado no experimento.
No Contexto	Àquele que possui conhecimento específico sobre o produto e seu contexto de uso (sistemas elétricos, de petróleo, nuclear, de acidentes marítimos, etc.).
Na Técnica	Conhecedor de técnicas específicas para coleta e análise de dados, assim como área de conhecimento que podem auxiliar no entendimento da interação: erro-humano, ergonomia, usabilidade, psicologia, acessibilidade, etc.
Suporte Técnico	Responsáveis por configurar o ambiente de teste, tendo conhecimento sobre o equipamento utilizado no experimento: câmeras, microfone, iluminação, softwares para registro de histórico, de áudio, de vídeo, etc.
Personagem Auxiliar	Responsável por simular a interação com o participante no papel de outra pessoa que faça parte da realização da tarefa em seu contexto real. Por exemplo: atividade realizada com o sistema envolve um usuário direto e um supervisor, o supervisor é representado por um personagem auxiliar.
Analista de Dados	Detém conhecimento técnico de análise e processamento de dados, sendo capaz de organizar os dados coletados durante o experimento e transformá-los em informações relevantes para os objetivos do experimento.
Envolvidos	
Cliente	Aquele que contrata o experimento e, portanto define: quais os objetivos gerais da avaliação, quais os recursos e tempo disponíveis. A partir do cliente se tem acesso à documentação relativa ao produto, aos seus usuários reais e ao contexto seu de uso. É o responsável por disponibilizar o produto (ou simulador) para planejamento e realização do teste.
Usuário	São as pessoas que interagem diretamente com o do produto em avaliação. Existem três categorias de usuários: Real, Potencial e de Teste.
Real	Aqueles que fazem uso do produto na realidade e possuem conhecimento sobre o processo interativo necessário para sua manipulação.
Potencial	Aqueles que podem interagir com o produto, ou que fazem uso de outros produtos similares.
de Teste	Aqueles que participam da avaliação na realização da tarefa de teste propiciando a coleta de dados (também referenciados como participantes).
Treinador	Pessoa com conhecimento e habilidade para repassar informações para o universo amostral ou para a equipe de avaliação no tocante ao uso do produto (e seu entorno) e metodologias de avaliação específicas (coleta e análise de dados).



**Figura 3: Participação dos personagens nos processos e etapas do PEOI**

### 3.3. Artefatos: Documentos gerados

A realização das atividades definidas, muitas vezes, está diretamente relacionada com a criação ou edição (atualização) de artefato. A produção de artefatos é sugerida ao longo do protocolo para que registros da avaliação sejam documentados para posterior consulta. Os artefatos estão agrupados de acordo com a etapa na qual os mesmos são elaborados. No Quadro 6 tem-se a lista de todos os artefatos até então sugeridos na implementação do PEOI, seguidos de uma breve explanação.

**Quadro 6: Artefatos sugeridos em PEOI**

<b>A_1.1<sup>25</sup></b>	<b>Plano geral do ensaio de avaliação</b>
	Informações gerais e iniciais que direcionam o planejamento do experimento, sobre: cliente, usuários reais, produto, universo amostral, avaliação, equipe de avaliação, cronograma, planilha de custos, etc.
<b>A_2.1</b>	<b>Material do treinamento</b>
	Contempla todo o material a ser utilizado no treinamento do universo amostral e/ou da equipe de avaliação: slides, vídeos demonstrativos, manuais, apostilas, etc.
<b>A_3.1</b>	<b>Plano de avaliação com usuário</b>
	Registra as tomadas de decisão sobre: a natureza do teste, a categoria e dimensão do universo amostral, natureza das tarefas de teste e a especificação das tarefas, etc.
<b>A_3.2</b>	<b>Plano de coleta de dados</b>
	Registra as decisões sobre coleta de dados - tipo de dados, meio de coleta, análise prevista.
<b>A_3.3</b>	<b>Plano de análise de dados</b>
	Registra as decisões sobre a análise de dados - métodos estatísticos, hipóteses, nível de significância, etc.
<b>A_3.4</b>	<b>Roteiro de tarefa de teste</b>
	Contém uma descrição do contexto do teste seguido da descrição das tarefas de teste: identificador, título, descrição geral, etc.
<b>A_3.5</b>	<b>Plano de configuração do ambiente de teste</b>
	Descrição sobre a configuração do produto (estado inicial e final previstos), do ambiente (hardware, software, equipamentos, documentos, etc.) e um plano auxiliar para falhas em equipamentos e softwares utilizados no ensaio, assim como um <i>checklist</i> para verificação do ambiente pré e pós-teste
<b>A_3.6</b>	<b>Scripts para auxiliar interação</b>
	Descreve o protocolo de comunicação a ser utilizado durante a realização do experimento, considerando a necessidade de utilizar uma linguagem/alfabeto específica. Define quais diálogos devem acontecer, como, quando e entre quais personagens.
<b>A_3.7</b>	<b>Relatório de ajustes pós-teste piloto</b>
	Registra quais são os aspectos relativos ao método de avaliação e ao procedimento de condução do ensaio que precisam ser ajustadas, indicando as adequações necessárias e justificando as mesmas.
<b>A_3.8</b>	<b>Ficha de cadastro do usuário de teste</b>
	Contém campos para registro do cadastro dos usuários de teste: nome, endereço, nível de instrução, área de formação, entre outros.

<sup>25</sup> O identificador é definido como A\_X.Y, onde: A identifica o documento como artefato, X identifica a etapa na qual o artefato foi gerado e Y indica o número do artefato.

**A\_3.9 Termos de participação**

Aceitação das condições de realização do teste: descreve o procedimento experimental a ser realizada, seguida de uma solicitação ao participante para assinar ao termo a fim de explicitar sua aceitação; autorização para registro de som e imagem: descreve a necessidade de realizar registro de áudio e imagem, seguida de uma solicitação ao participante para assinar ao termo a fim de explicitar sua aceitação; sigilo/confidencialidade: descreve a necessidade de manter a confidencialidade do experimento (produto, métodos, procedimento, resultados) seguida de uma solicitação ao participante para assinar ao termo a fim de explicitar sua aceitação.

**A\_4.1 Conjunto de dados coletados**

Reúne todo e qualquer documento (artefato) utilizado no experimento para coleta de dados, incluindo arquivos de áudio e vídeo, *log* de sistema, etc..

**A\_5.1 Documento com tabulação e análise dos dados**

Quadros, tabelas, gráficos, etc., que organizam as informações presentes nas entrevistas, questionários, observações /comentários dos avaliadores, fichas de observação, registros de áudio e vídeo e *log* do sistema, etc. com as respectivas análises.

**A\_5.2 Resultado da Análise**

Apresenta o resultado da análise realizada: identificação e classificação dos problemas, sugestão e priorização de recomendações, notificação de parecer sobre ensaio de avaliação, aceitação ou rejeição das hipóteses (significado para o resultado obtido).

**A\_6.1 Plano de relato**

Define o formato, conteúdo, estrutura para os relatos do experimento.

**A\_6.2 Relatório do ensaio**

Reúne as informações sobre o ensaio que definidas como relevantes de acordo com o plano de relato determinado.

A fim de estimular o uso dos artefatos sugeridos e minimizar o tempo de elaboração dos mesmos, PEOI oferece um conjunto de *templates* a serem preenchidos pelos personagens envolvidos no experimento. Os *templates* agrupam as informações que devem compor cada artefato. Existem, ainda, aqueles artefatos que estão ligados diretamente com as ferramentas adotadas para a coleta de dados (a exemplos dos questionários), cujos *templates* também são fornecidos pelo protocolo – a sessão seguinte apresenta os métodos genéricos para a coleta de dados e as ferramentas que podem ser adotadas para cada método.

**3.4. Ferramental: Registro e Coleta de Dados**

Para a coleta de dados PEOI aplica um conjunto de métodos genéricos para coleta de dados, a saber: observação da interação, entrevistas, questionários, análise de documento, medições fisiológicas, análise de vídeos e dicionário para análise do discurso. A aplicação desses métodos esta associada ao tipo de dado a ser coletado (de acordo com o Quadro 7), categorizados em: dados genéricos: aqueles relativos aos objetivos do ensaio, às questões gerenciais (escopo, tempo, custo, etc.) e ao conhecimento inicial, por parte da equipe de

avaliação, sobre o produto, a tarefa e seu contexto de aplicação; dados pré-interação: voltados para as características do indivíduo; dados de interação: relativos ao processo de interação entre o usuário e o produto na realização da tarefa de teste; e, por fim, (iv) dados pós-interação voltados para a percepção que o participante vivenciou durante o experimento.

Embora o protocolo tenha o suporte desses métodos genéricos para coleta de dados, faz-se necessário a identificação de ferramentas a serem utilizadas na instanciação do PEOI para cada elemento de interesse. Portanto, os métodos genéricos devem estar associados a ferramentas que auxiliem realização da coleta de dados.

Nas subseções seguintes serão apresentadas as ferramentas que permitem a coleta de dados relativa ao: perfil dos usuários (pessoais, físicos, profissionais, contextuais, psicológicos e clínicos), estado funcional dos indivíduos (níveis de ansiedade e alerta), percepção da situação (carga de trabalho e estado emocional), a tomada de decisão (funcionamento cognitivo e avaliação cognitiva), e os indicadores objetivos relacionados ao desempenho do usuário.

Quadro 7: Métodos genéricos para coleta de dados e tipos de dados

Categoria de dados	Elementos de interesse		Método genérico							
			OI	EN	QU	AD	MF	AV	DS	
Genéricos	Objetivos do ensaio e informações gerenciais (tempo, custo, domínio, etc.)			X						
	Conhecimento inicial sobre Tarefa, Produto, Contexto de Uso e Usuários Reais		X	X	X	X				
Pré-Interação	Perfil dos participantes	Pessoal, Profissional, Contextual, Físicos, Psicológicos e Clínicos.		X	X	X				
		Personalidade			X					
		Atenção concentrada			X					
Pré-Interação/ Interação	Estado funcional dos participantes	Níveis de ansiedade e alerta			X		X			
Interação	Indicadores	Objetivos	X						X	
		Subjetivos	X		X					
Interação/ Pós-Interação	Percepção do usuário sobre a situação	Carga de trabalho			X		X			
		Estado emocional			X			X	X	
Pós-Interação	Tomada de decisão	Avaliação cognitiva			X					X
	Usabilidade	Satisfação dos participantes	X		X					

**Legenda:** OI (Observação da Interação); EN (Entrevista); QU (Questionário); AD (Análise de Documentos); MF (Medições Fisiológicas); AV (Análise de Vídeos); e D (Dicionário Sintático).

As ferramentas sugeridas por PEOI devem apoiar a coleta dos dados referentes as variáveis de interesse definidas no Modelo para Compreensão do Comportamento Humano (M2CH) - Figura 1, portanto, a apresentação das mesmas está de acordo com seus elementos, como segue: características do indivíduo (3.4.1), características da situação (3.4.2), estado funcional (3.4.3), percepção da situação (3.4.4), tomada de decisão (3.4.5) e desempenho (3.4.6).

### 3.4.1. Características do indivíduo

No estudo são considerados três aspectos para composição das características pessoais dos usuários: o perfil, a personalidade e a capacidade de atenção. O primeiro permite explorar as características gerais, físicas, profissionais, contextuais, psicológicas e clínicas do usuário a partir do questionário Perfil Objetivo e Cognitivo do Usuário (POCUS) [Scherer & Vieira 2008]. O segundo explora, a partir do *Big Five Factors* (BF-50) [Goldberg 1993], que se volta para a identificação dos traços de personalidade de um indivíduo: Fator I extroversão; Fator II agradabilidade; Fator III consciência; Fator IV neuroticismo (instabilidade emocional), e Fator V intelecto e imaginação<sup>26</sup>. O terceiro, *Test d'Attention Concentrée* (D2) [Brickenkamp 1994], é normalmente utilizado para identificar patologias de atenção e neste estudo foi aplicado para identificar as capacidades de atenção e concentração dos participantes de teste no momento do teste.

*Perfil - POCUS* permite identificar o perfil de cada participante a partir de questões de múltipla escolha. Para cada aspecto abordado tem-se um conjunto de questões, que totalizam 68 itens, estes devem ser analisados e aplicados quando convém. Seguem os aspectos contemplados:

- (i) Gerais: explora-se idade, gênero, situação familiar, etc.;
- (ii) Físicos: tem-se questões sobre peso, altura, restrições visuais, auditivas, etc.;
- (iii) Profissionais: aborda-se o nível de formação, o conhecimento sobre a tarefa a ser realizada e sobre os produtos a serem utilizados, entre outros;
- (iv) Contextuais: considera-se a carga de trabalho (em horas), o turno de trabalho, se a atividade é realizada em grupo ou individual, se existe supervisão, etc.;
- (v) Psicológicas: aborda-se o senso de orientação, motivação e atenção e alguns elementos relativos às características de temperamento e personalidade; e,

---

<sup>26</sup> Termos originais oriundos do inglês: *Factor I: Surgency or Extraversion, Factor II: Agreeableness or Pleasantness, Factor III: Conscientiousness or Dependability, Factor IV: Emotional Stability versus Neuroticism, e, Factor V: Intellect or Openness to Experience.*

(vi) **Clínicas:** onde se investigam funções de percepção, psicomotoras, mentais e de linguagem, entre outras. Algumas dessas informações podem ser obtidas a partir do próprio respondente (autoavaliação) ou por meio de documentação da empresa. A aplicação e a análise das questões psicológicas e clínicas podem ser suportadas por um profissional especializado.

**Personalidade - BF-50** é composto por cinquenta (50) questões de múltipla escolha considerando uma escala de cinco pontos. O respondente seleciona a resposta que compreende a escala que varia de “nada a ver comigo” a “tudo a ver comigo”. Essas respostas vão permitir conhecer quais são os traços de personalidade mais fortes e mais fracos para cada participante do teste, considerando os cinco fatores disponíveis:

- (i) **Fator I: Extroversão:** falante, assertivo e ativo versus silencioso, passivo e reservado;
- (ii) **Fator II: Agradabilidade:** bondoso, confiável e cordial versus hostil, não confiável e egoísta;
- (iii) **Fator III: Consciência:** organizado, profundo e seguro versus descuidado, negligente e inseguro;
- (iv) **Fator IV: Neuroticismo:** nervosismo, mudança de humor e emotivo; e,
- (v) **Fator V: Intelecto e Imaginação:** imaginativo, curioso e criativo versus superficial e falta de percepção.

Transparente ao respondente, cada questão está associada a um sinal, que pode ser positivo (+) ou negativo (-). Este será utilizado para efetuar o cálculo que resultará na identificação dos traços de personalidade. A computação consiste em, por Fator (grupo de questões), realizar o somatório dos valores das respostas, considerando o sinal associado à questão correspondente (soma para o sinal “+” e subtração para o sinal “-“). Considerando a escala de 5 pontos, de 1 à 5 (onde os extremos correspondem à “nada a ver comigo” e “tudo a ver comigo”), e que cada grupo de questões é composto por 10 itens, os valores mínimo e máximo possíveis para cada fator é de 10 e 50, respectivamente. De acordo com o estudo realizado por John, Naumann e Soto [2008], pode-se tomar como base para identificação dos traços de personalidade mais predominantes os valores percentuais de: 0.77 para Fator I Extroversão, 0.7 para Fator II Agradabilidade, 0.78 para Fator III Consciência, 0.79 para Fator VI Neuroticismo e 0.76 para o Fator V Intelecto e imaginação.

As características de personalidade podem ser confrontadas com o comportamento dos indivíduos na realização do experimento. De acordo com Barrik e Mount [1991] os indivíduos

que apresentam traços de personalidade associados ao Fator III Consciência estão susceptíveis a terem previsões válidas para seus trabalhos. O objetivo é evidenciar as relações existentes entre os traços de personalidade e: a qualidade dos resultados obtidos, a carga cognitiva, nível de satisfação e o estado emocional do indivíduo. Além disso, é interessante obter uma classificação geral para o grupo de participantes, ou seja, perceber a homogeneidade/heterogeneidade de traços de personalidade que compuseram o estudo.

**Atenção e Concentração – D2** normalmente utilizado para identificar patologias relacionadas à atenção, no contexto deste trabalho deve auxiliar na identificação do nível de atenção e concentração inerentes aos participantes. Os respondentes de D2 tomam como base um conjunto de três caracteres, e devem identifica-los em uma sequência de 22 caracteres, em um total de 14 repetições. A partir da aplicação de D2 é possível avaliar diferentes índices, a saber:

- (i) Índice de desempenho quantitativo (GZ): número total de caracteres tratados, independente de terem sido marcados de forma correta ou não;
- (ii) Índice bruto de erros (F): que consiste na soma total de erros seja por omissão (caracteres que deveriam ter sido marcados e não foram) ou por confusão (caracteres que não deveriam ser marcados, mas foram);
- (iii) Reparação de erro (F-Vert): permite reparar os erros relativos à confusão, independente do momento do teste (início ou fim). Para considerar o momento do teste deve-se calcular o intervalo de variação (SB);
- (iv) Percentual de erros (F%): definido como o índice de desempenho qualitativo;
- (v) Intervalo de variação (SB): a diferença entre o desempenho máximo e mínimo por período de teste, que permite identificar se ao longo do trabalho o curso do teste é constante ou irregular;
- (vi) Desempenho global (GZ-F), e
- (vii) Índice de desempenho de concentração (KL): refere-se ao número de respostas corretas obtidas.

Neste estudo os índices considerados são: desempenho global (GZ-F), onde quanto menor for o índice alcançado, menor é a quantidade de erros, e logo, maior é o nível de atenção; o intervalo de variação (SB) onde, quanto maior for o valor encontrado, maior é a variação entre erros e acertos, e conseqüentemente, o nível de atenção é mais instável e, por fim, o índice de desempenho qualitativo (F%) relativo ao percentual de erro de atenção, onde, quanto mais alto é este valor, maior é o percentual de erro cometido pelo respondente.

### 3.4.2. Características da situação

Considera-se que a situação é caracterizada a partir da tarefa de teste a ser realizada, considerando o cenário de teste; dos eventos estressores que ocorrem durante a execução da tarefa de teste, e da usabilidade do produto (sistema) utilizado para realização da tarefa. A caracterização da tarefa é feita a partir de estudos de relatórios de acidentes ou a partir de consultas (entrevistas/questionários) com especialistas no contexto de realização da tarefa. Os eventos estressores são aqueles definidos e lançados pela equipe de avaliação durante a realização da tarefa a fim de tornar a simulação próxima do contexto real de realização da tarefa, onde acontecem interrupções (telefones que tocam, pessoas que entram e saem das salas, barulho, etc.). Por fim, a usabilidade do sistema em uso toma como base o cálculo do índice de satisfação subjetiva do usuário ao interagir com ferramenta. Para tanto, aplicou-se o questionários Webquest [Vieira et al. 2005].

*Tarefa e os Fatores de estresse* devem ser identificados antes da realização do experimento – pois estes elementos guiam a interação a ser observada. Para dar suporte ao estudo do erro humano, a escolha pela tarefa e a identificação dos fatores de estresse devem ser extraídas, ou inspiradas, nos relatórios de acidentes de erro humano, relativos ao contexto estudado. Os fatores de estresse e as informações sobre as tarefas são organizadas enquanto cenário de teste.

*Usabilidade - Webquest* mensura a usabilidade a partir da satisfação subjetiva dos usuários identificadas em resposta a um conjunto de itens que abrangem: a navegação e utilização do produto, a documentação e a realimentação fornecidas pelo produto e a interação entre o usuário e o produto. São utilizadas escalas textuais de cinco (05) pontos, cujo mapeamento numérico é feito considerando uma escala com variação de -2 a 2. Para a navegação e utilização do sistema, as questões buscam a avaliação do nível de facilidade (ou dificuldade) de navegação e uso do produto e respostas possíveis são: *muito fácil, fácil, nem fácil nem difícil, difícil* ou *muito difícil*. Para os outros elementos têm-se afirmativas, e os respondentes devem escolher uma entre as respostas seguintes: *concordo fortemente, concordo, nem concordo nem discordo, discordo* ou *discordo fortemente*. Como resultado tem-se o cálculo do índice de satisfação que pode alcançar os estados de: satisfação máxima (0,67 a 1), bastante satisfeito (0,33 a 0,66), pouco satisfeito (0,01 a 0,32), neutro (0), pouco insatisfeito (-0,01 a -0,32), bastante insatisfeito (-0,33 a -0,66) e insatisfação máxima (-0,67 a -1).

### 3.4.3. Estado funcional

Os níveis de alerta/excitação e ansiedade dos indivíduos caracterizam o estado funcional dos mesmos. Para coletar essas informações, sugere-se a aplicação do questionário *Activation-Deactivation Adjective Check List (AD-ACL)* [Thayer 1986] que mensura os estados de alerta transitório<sup>27</sup> a partir dos quais mensura a relação entre alerta (excitação energética) e tensão (excitação tensa) a fim de identificar os níveis de vigilância e ansiedade. Para confirmar os dados coletados a partir da aplicação do questionário, também se sugere a mensuração da frequência cardíaca (fisiológica) a partir do equipamento BIOPAC e do software *AcqKnowledge*<sup>28</sup>, ambos na versão 4.1).

**Alerta e ansiedade - AD-ACL** consiste em uma ferramenta de autoavaliação composta por vinte questões agrupadas em quatro categorias, que refletem as dimensões de: ativação geral, sonolência, alta ativação e desativação geral. A partir da manipulação das quatro dimensões é possível identificar os níveis de ansiedade e vigilância dos respondentes. As dimensões e seus respectivos adjetivos são: Ativação geral (GA): ativo, energético, dinâmico, alerta e em forma; Inatividade/Sonolência (DS): apático, lúcido, cansado, concentrado, sonolento; Alta ativação (HA): desconfortável, inquieto, nervoso, tenso, irritado; e Inatividade geral (GD): indiferente, calmo, relaxado, tranquilo, silencioso. Cada uma das dimensões esta associada a um conjunto de cinco adjetivos, para os quais o usuário deve selecionar uma das quatro respostas que melhor representa o seu estado no momento de aplicação de AD-ACL, a saber: (++) *eu me sinto muito*; (+) *eu me sinto um pouco*; (?) *eu não sei*; e (0) *eu não me sinto de forma alguma*.

Para a análise das respostas dos usuários ao AD-ACL associa-se valores numéricos aos símbolos a partir da relação: para todos os adjetivos, exceto para concentrado e lúcido: ++ = 4, + = 3, ? = 2 e 0 = 1; e para os adjetivos concentrado e lúcido: ++ = 1 + = 2 ? = 3 0 = 4. Em seguida, realiza-se o somatório, por dimensão, cuja pontuação alcançada pode ir de 5 a 20. Quanto mais alto o valor atingido, maior é o nível de alerta/energia (GA), sonolência/cansaço (DS), tensão/inquietude (HA) e quietude, relaxamento (GD).

Outro ponto de vista oferecido pela ferramenta consiste na análise dos pares de dimensões opostos – ativação geral/sonolência e alta ativação/inatividade geral - a fim de identificar, a partir da quantificação, os níveis de vigilância e ansiedade, respectivamente. Para tanto, o cálculo consiste na divisão da pontuação da ativação geral pela sonolência

<sup>27</sup> Ativação geral, sonolência, alta ativação e desativação geral.

<sup>28</sup> Disponível em: <http://www.biopac.com/>, ultimo acesso em Agosto de 2012.

(GA/DS) e da alta ativação pela inatividade geral (HÁ/GD). Os valores alcançados estão dentro do intervalo de 0 a 4. Caso a taxa obtida seja igual ou superior a dois (2) caracteriza a ansiedade e a vigilância.

**Ansiedade - Frequência Cardíaca** A ansiedade pode ser expressa a partir do sistema nervoso autônomo (SNA) em duas perspectivas, quando este reage a um estímulo ou excitação do organismo em uma situação de alerta (Sistema Nervoso Parassimpático) ou quando reage ao relaxamento (Sistema Nervoso Simpático) ou estado de esgotamento (físico ou cognitivo). A mensuração da ansiedade pode ser realizada a partir da interpretação da variação de frequência cardíaca (VFC) do indivíduo, descrita, geralmente, em quatro espectros de bandas de frequência: muito baixa (0,01 a 0,04 Hz); baixa (0,04 a 0,15 Hz), alta (0,15 a 0,40 Hz) e ultra alta (10-5 a 10-2 Hz).

O Sistema Nervoso Simpático é representado pela baixa frequência e influenciado pelo sistema barorreceptor (pressão arterial) e termorregulador, enquanto que o Sistema Nervoso Parassimpático (que envolve o sistema vagal) é representado pela alta frequência e influenciado pela respiração. A relação baixa frequência /alta frequência permite avaliar o equilíbrio simpatovagal do sistema nervoso autônomo [Berntson, Quigley & Lozano 2007]. Identifica-se o equilíbrio entre os dois sistemas quando o índice calculado possui uma variação de  $\pm 2,33$  em torno de 4,61 (para indivíduos saudáveis de acordo com Sztajzel [2004]). Portanto, considerando os valores base entre 2,28 e 6,94, quando o índice ultrapassa 6,94 caracteriza-se estado de ansiedade.

#### **3.4.4. Percepção da situação**

Para a percepção que um indivíduo tem sobre uma situação consideram-se dois componentes que se relacionam: a carga de trabalho e o estado emocional. Em ambos os casos existe a possibilidade de mensurar os elementos a partir da percepção do indivíduo sobre a variável ou a partir de mecanismos que identificam reações espontâneas dos indivíduos (com menor nível de interferência consciente).

Para a carga de trabalho sugere-se que a mensuração a partir da aplicação de um questionário de autoavaliação, o *NASA Task Load Index (NASA-TLX)* [Hart & Staveland 1988]. Este manipula seis dimensões para definir a sobrecarga de trabalho percebida na realização da tarefa: exigência mental, exigência física, exigência temporal, desempenho, esforço e frustração. Assim como a partir da mensuração de reações fisiológicas, mais especificamente da variância eletrodermal que independe de julgamento prévio sobre a

situação (sugere-se o uso do equipamento BIOPAC e do software AcqKnowledge, ambos na versão 4.1).

Para o estado emocional, sugere-se a aplicação de quatro ferramentas com abordagens distintas. Os questionários de autoavaliação: *Self-Assessment Manikin (SAM)* [Lang et al. 1993] que considera os aspectos de dominação, satisfação (valência); e *Geneva Emotion Wheel (GEW)* [Scherer 2005] onde os respondentes indicam as emoções sentidas com as respectivas intensidades. A análise do discurso é apoiada por *EmotAix* [Piolat & Bannour 2009] um dicionário de termos, no sentido próprio e figurado, que possibilita identificar a predominância de emoções positivas, negativas, neutras ou de surpresa. Sugere-se ainda, que as expressões motoras faciais sejam analisadas para identificação das emoções a partir dos registros feitos em vídeo durante o experimento – análise de vídeos não possui suporte ferramental, mas a metodologia adotada será descrita mais adiante.

**Carga de trabalho - NASA-TLX** aborda a carga de trabalho a partir de três aspectos: comportamento, cujas dimensões são o esforço e o desempenho percebidos; tarefa, cujas dimensões estão associadas às demandas mental, física e temporal para sua realização; e subjetivo, que trata da frustração percebida. Cada uma das seis questões que compõem o NASA-TLX esta associada a uma escala de 20 pontos para caracterização da carga de trabalho (0: muito baixo até 20: muito alto). As dimensões podem ser analisadas isoladamente, mas a quantificação da carga de trabalho se dá a partir do cálculo que agrega os resultados das seis dimensões. Considerando seis dimensões com escalas de 20 pontos, a carga de trabalho varia de 0 (carga mínima) à 120 (carga máxima). A carga de trabalho é considerada não excessiva se a pontuação do usuário encontra-se entre a faixa de 0 a 60 pontos, e excessiva acima disso. A análise das respostas dos respondentes permite identificar: quais respondentes apresentaram carga de trabalho excessiva; quais as dimensões que mais contribuíram para o somatório da carga de trabalho de cada respondente; e, quais as dimensões mais “pesadas”, em média, na composição da carga de trabalho geral.

**Carga de trabalho - Variância eletrodermal** (atividade eletrocutânea, do inglês *electrodermal activity*, EDA) refere-se às mudanças elétricas que acontecem na pele resultantes da atividade do sistema nervoso autônomo (SNA) e expressa em termos de resistência e condução da pele [Diniz 2003]. Normalmente, quando os indivíduos são submetidos às experiências emocionais, aumento da carga de trabalho e esforço físico, o cérebro envia sinais para a pele que fazem variar seu estado – associados ao nível de transpiração. Embora a transpiração não seja perceptível (imediatamente) o nível de condutância da pele aumenta significativamente

em decorrência as alterações nos poros da pele que começam a encher. Embora a variância eletrodermal possa refletir o aumento da carga de trabalho [De Waard 1996 *apud* Miller 2001] – aumento da carga de trabalho e aumento da EDA – a medição não é seletiva devido à variedade de fatores que influenciam e afetam a variância eletrodermal.

**Estado emocional – SAM** mensura três dimensões a partir de uma escala não verbal, de nove (9) pontos, que utiliza figuras (bonecos) para representar diferentes emoções. Para cada dimensão, as imagens estão associadas, implicitamente, a emoções, a saber:

- (i) Valência: a escala parte de uma representação “feliz/satisfeito/contente” para “triste/insatisfeito/aborrecido” – positivo para negativo;
- (ii) Intensidade: a escala parte da representação de: “excitado; estimulado; alerta” para: “relaxado; calmo; sonolento” – alta para baixa; e,
- (iii) Dominância: a escala parte de uma representação de: “controlado; influenciado; submisso” para: “em controle; dominante; importante” – dominado para dominante.

Para análise da tríade identifica-se o valor numérico (implícito na escala gráfica) a fim de quantificar a valência a intensidade e a dominância que o respondente percebe diante da experiência vivenciada. Para a valência, considera-se uma escala numérica de 4 à – 4, onde emoções positivas, neutras e negativas podem ser representadas. Para a intensidade tem-se uma escala crescente (de 1 a 9), onde a emoção pode ter sido vivenciada com intensidade baixa, média e alta. E quanto à dominância têm-se uma escala decrescente (de 9 a 1), onde o respondente identifica-se como dominado pela situação (nível 9) ou dominante (nível 1). A fim de se obter um valor único que represente a emoção do usuário, é possível somar os valores de intensidade com o de dominância e, em seguida, multiplica-lo pela valência definida pelos respondentes:  $(intensidade + dominância) * valência$ .

**Estado emocional – GEW** consiste em um conjunto de vinte (20) emoções (expressas textualmente) organizadas, em pares, de acordo com quadro categorias dispostas em um plano cartesiano. As dimensões de avaliação são: para o eixo vertical, controle e poder elevados versus controle e poder baixos<sup>29</sup>, e para o eixo horizontal, desagrado e obstrução versus agrado e favorável<sup>30</sup>. Cada quadrante é composto com 5 duplas de emoções distintas<sup>31</sup>. No

<sup>29</sup> Do inglês: *High control/power appraisal versus low control/power appraisal*.

<sup>30</sup> Do inglês: *Unpleasantness / Obstructiveness Appraisal versus Pleasantness / Conduciveness Appraisal*.

<sup>31</sup> Do inglês: 1º quadrante: *involvement/interest, amusement/laughter, pride/elation, happiness/joy, enjoyment/pleasure*; 2º quadrante: *tenderness/feeling love, wonderment/feeling awe, feeling disburdened/relief, astonishment/surprise, longing/nostalgia*; 3º quadrante: *pity/compassion, sadness/despair, worry/fear, embarrassment/shame, guilt/remorse*; e, 4º quadrante: *disappointment/regret, envy/jealousy; disgust/repulsion; contempt/scorn; irritation/anger*.

entanto, a depender do experimento, nem todas as emoções disponíveis em GEW fazem sentido, e, portanto, pode-se fazer uso de um subconjunto delas, por exemplo: interesse e alegria; surpresa; medo e tristeza; e desgosto, desprezo e irritação. Cada emoção está associada a uma escala de cinco (05) pontos, representadas a partir de esferas com diferentes tamanhos<sup>32</sup>, cujo tamanho refere-se à intensidade com a qual a emoção foi vivenciada. O respondente deve, portanto, escolher uma ou duas emoções e assinalar a esfera correspondente à intensidade de cada emoção. O centro do plano cartesiano corresponde a nenhuma emoção e existe a possibilidade de indicar uma emoção não presente no plano.

Para que as informações textuais possam ser expressas numericamente, atribuiu-se um valor na escala de 1 até 5 para cada circunferência que representa a intensidade da emoção selecionada pelo respondente. Para as emoções compreendidas como positivas, atribuiu-se a sua intensidade o sinal de positivo (+), e para àquelas negativas, o sinal correspondente (-). Para a emoção surpresa, considerando que a mesma pode ser positiva ou negativa, o sinal atribuído a sua intensidade foi determinada pela segunda emoção escolhida pelo respondente. O resultado final considera a soma das intensidades escolhidas pelo mesmo, considerando os sinais de positivo ou negativo no cálculo.

***Estado emocional – EmotAix*** Para análise da entrevista realizada após a sessão de teste, os áudios dos vídeos registrados são convertidos em texto, o que possibilita o uso da ferramenta EmotAix. Este consiste em um dicionário que identifica e categoriza, automaticamente, o vocabulário emocional utilizado no que concerne às emoções, sentimentos, humor, personalidade e temperamento emocional. A análise do discurso permite a identificação das ocorrências de emoções positivas, negativas, não especificadas e surpresa, para todos os casos considerando o senso próprio e figurado de palavras e expressões. Logo, sugere-se que as entrevistas realizadas com os participantes sejam transcritas e processadas a partir de EmotAix.

***Estado emocional – Análise de expressões faciais*** leva em conta três perspectivas distintas. A primeira considera o contexto no qual a expressão facial se apresenta, tendo como base os tempos de picos eletrodermais ou da ocorrência de eventos estressores – analisados pelos avaliadores. A segunda considera o conhecimento que o indivíduo tem sobre suas expressões faciais. E a terceira considera a interpretação de expressões faciais por um psicólogo. O método sugerido consiste em quatro etapas:

---

<sup>32</sup> As esferas estão dispostas de forma crescente (tamanho) a partir do centro do plano cartesiano à extremidade onde se encontra o nome da emoção.

- (i) Os avaliadores assistem ao vídeo e procuram por expressões faciais com base em dois parâmetros: o tempo de ocorrência de um fator de estresse e o tempo de ocorrência de picos eletrodermais;
- (ii) Os avaliadores capturam as expressões faciais correspondentes e as classifica enquanto uma emoção (positiva, negativa, neutra, não especificada ou surpresa). Durante a classificação o avaliador considera a situação na qual a expressão facial se apresentou;
- (iii) O avaliador compõe um formulário com as imagens capturadas e solicita que os participantes classifiquem suas próprias expressões faciais de acordo com um conjunto de emoções pré-definidas. O participante é informado de que pode classificar a imagem com uma emoção não fornecida no formulário);
- (iv) O mesmo formulário é respondido por um psicólogo.

Ao final é possível cruzar as três classificações das emoções para um conjunto de expressões faciais sob três pontos de vista: dos avaliadores que consideram a situação, o contexto; dos usuários que conhecem suas próprias expressões e a emoção correspondente e do psicólogo que possuem conhecimento técnico.

As emoções consideradas foram classificadas em cinco categorias: positivas<sup>33</sup>, negativas<sup>34</sup>, neutras<sup>35</sup>, indeterminadas<sup>36</sup> e surpresa. No entanto a opção de escolher “outra emoção” e indica-la também deve ser possível.

### 3.4.5. Tomada de decisão

A avaliação cognitiva consiste na interpretação pessoal do indivíduo diante de uma situação particular, um evento que pode alterar o seu estado emocional, levando-o a respostas positivas ou negativas. A interpretação pode ser mensurada a partir da aplicação de questionários de autoavaliação como o *Geneva Appraisal Questionnaire (GAQ)* [Scherer 2001] onde o próprio respondente analisa a situação vivenciada. Para se identificar o bom funcionamento cognitivo ou distúrbios cognitivos, uma alternativa é adotar o dicionário *CognitAix* [Latchimy et al. 2011] para a análise do discurso falado ou escrito.

***Avaliação cognitiva da situação - GAQ*** O respondente pode exprimir o resultado da sua experiência considerando três categorias: valência (quão positiva, negativa ou neutra foi à

---

<sup>33</sup> Concentração, afirmação, satisfação, tranquilidade, confiança, alegria, interesse e atenção.

<sup>34</sup> Apreensão, tensão, insatisfação, cansaço, desgosto, preocupação, tédio, tristeza, vergonha, dúvida, inconformismo, tristeza, raiva, medo, descaso, intriga, ansiedade, confusão, estresse, inquietude, impaciência.

<sup>35</sup> Sem emoção, expectativa e embaraço.

<sup>36</sup> Pressa, agitação).

situação vivenciada), de intensidade e de duração. No entanto, as questões de GAQ estão dispostas de acordo com os objetos definidos em SECs que compõe a avaliação cognitiva, sendo necessário um mapeamento entre as categorias de GAQ e os objetos de SECs:

- (i) A relevância: considera quão rápida e abrupta é a ocorrência do evento, a familiaridade, previsibilidade e importância do evento para quem o sente, assim como o prazer intrínseco;
- (ii) Implicações (culpabilidade e gravidade/impacto das consequências): envolve a percepção sobre a causa agente e a causa motivo (ações intencionais ou não), o conhecimento sobre as consequências do evento, a urgência de resolução, a discrepância às expectativas e os efeitos (positivo ou negativo);
- (iii) Potencial de enfrentamento: diz respeito ao controle, a força e ao potencial de ajuste (adequação) que o sujeito tem diante da situação e de suas consequências; e,
- (iv) Compatibilidade com normas e padrões: internos e externos.

Além das questões que compõem em GAQ, este é finalizado com uma lista de emoções, dentre as quais o respondente deve escolher aquelas que mais representam a experiência vivenciada.

A fim de quantificar as respostas, cada questão foi analisada, e a escala textual fornecida para cada item foi adaptada para uma escala numérica de cinco (5) pontos, onde, a depender da questão se tem valores crescentes (1 à 5) ou decrescentes (5 à 1). As duas questões explícitas relativas à valência tiveram uma escala variante de -2 à 2 a fim de facilitar a identificação de valência positiva, negativa ou neutra. Nesse caso, adotou-se pela escala crescente para agradabilidade e decrescente para desagradabilidade.

A definição da escala numérica leva em conta que uma situação extrema caracteriza-se por: um evento com alta relevância e alta implicação, no entanto, um baixo potencial de enfrentamento e baixa compatibilidade com normas e padrões. Sendo o objetivo desta consideração a definição de valores máximos e mínimos para os quatro objetivos do SECs, possibilitando uma análise quantitativa da avaliação cognitiva dos respondentes. Tem-se, portanto que, os valores máximos atingidos com o somatório das respostas às questões significam: alta relevância e alta implicação, baixo potencial de enfrentamento e baixa compatibilidade com as normas e padrões. Os valores mínimos e máximos, de acordo com a aplicabilidade das questões de GAQ para o experimento são: baixa relevância 0, alta relevância 15; baixa implicação 0, alta implicação 25; alto potencial de enfrentamento 0,

baixo potencial de enfrentamento 15; e alta compatibilidade com normas e padrões 0, baixa compatibilidade com normas e padrões 15.

Para a análise da valência, sugere-se o somatório das respostas para as questões relativas ao prazer intrínseco (experiência agradável ou desagradável, cujas escalas são opostas). Podendo esta variável assumir um valor de acordo com o intervalo de -4 a 4, onde o valor numérico representa a intensidade e o sinal (+ ou -) indica se a experiência se caracteriza como positiva ou negativa. Pode-se ainda assumir o valor zero (0), cuja interpretação é intensidade nula para uma valência neutra. A valência pode ser relacionada com a emoção escolhida pelo respondente para caracterizar a experiência na situação vivenciada.

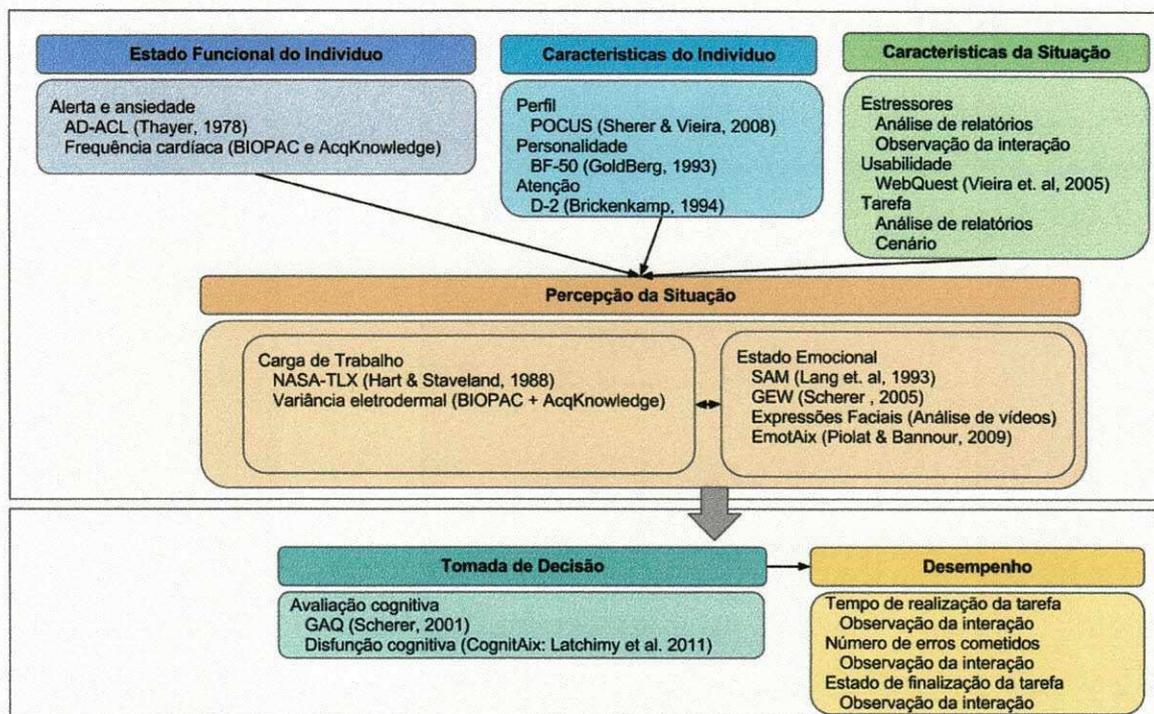
**Disfunção cognitiva – CognitAix** As funções cognitivas referem-se às habilidades de pensamento e as habilidades intelectuais que possibilitam o indivíduo perceber, adquirir, compreender e responder à informações. Inclui ainda, as capacidades de prestar atenção, lembrar-se, processar informações, resolver problemas, organizar e reorganizar as informações, comunicar-se e agir sobre a informação percebida. As disfunções cognitivas (déficit cognitivo) refletem em perda dessas habilidades em diferentes níveis. A ferramenta CognitAix tem por objetivo identificar, a partir da análise do discurso, o percentual de bom funcionamento cognitivo e a disfunção cognitiva de um indivíduo. Logo, sugere-se que as entrevistas realizadas com os respondente sejam transcritas e processadas pela ferramenta CognitAix.

#### **3.4.6. Desempenho**

A qualidade do resultado do desempenho do indivíduo na operação da tarefa de interesse esta associada aos indicadores objetivos (quantitativos) de tempo de realização da tarefa, relação entre o tempo estimado versus o tempo real para realização da tarefa; erros cometidos durante a realização da tarefa: erros no uso da ferramenta ou erros no processo interativo com os envolvidos no processo de realização da tarefa; e estado de finalização da tarefa onde as variações possíveis são: finalizada (sem falhas ou com falhas/erros) e não finalizada (abandonadas ou interrompidas). O processo de obtenção desses dados tem como base a observação direta da interação (em tempo real a execução do teste), onde se tem as anotações e comentários dos observadores, e é apoiado pela análise dos registros de vídeos (e áudio) feitos durante as sessões de teste. Para tanto, sugere-se os registros referentes ao ambiente de

trabalho e à tela do usuário de teste e de diagramas de sequência que podem ser úteis no registro do processo interativo entre este e os personagens auxiliares (quando se aplica).

A relação entre as ferramentas apresentadas anteriormente e o modelo abstrato para compreensão do comportamento humano estão sumarizadas a partir da Figura 4.



**Figura 4: Acomodação das ferramentas sugeridas por PEOI ao M2CH**

É importante, ainda, explicitar, de acordo com o fluxo de realização do PEOI quando cada uma das ferramentas será utilizada. Para tanto, no Quadro 8 tem-se, por componente do M2CH, a ferramenta a ser utilizada e a localização de sua aplicação em PEOI: etapa e processo.

Quadro 8: Localização da aplicação das ferramentas em PEOI

M2CH	Categoria	Ferramenta	Aplicação em PEOI	
			Etapa	Processo
Características da Situação	Estressores	Observação da Interação	4	4.2
	Usabilidade	WebQuest	4	4.3
	Tarefa	Cenário de Teste	3	3.1
Características do Indivíduo	Perfil	POCUS	2 ou 4	2.2 ou 4.1
	Personalidade	BF-50	4	4.1
	Atenção	D2	4	4.1
Estado Funcional do Indivíduo	Alerta e Ansiedade	AD-ACL	4	4.3
		Frequência Cardíaca (BIOPAC)	4	4.1 e 4.2
Percepção da Situação	Carga de Trabalho	NASA-TLX	4	4.3
		EDA (BIOPAC)	4	4.1 e 4.2
	Estado Emocional	SAM	4	4.3
		GEW	4	4.3
		Expressões Faciais (Análise de Vídeos)	4 ou 5	4.2 ou 5.2
		EmotAix	5	5.2
Tomada de Decisão	Avaliação Cognitiva	GAQ	4	4.3
Desempenho	Tempo de Realização		4	4.2
	Número de Erros Cometidos	Observação da Interação	4	4.2
	Estado de Finalização da Tarefa		4	4.2

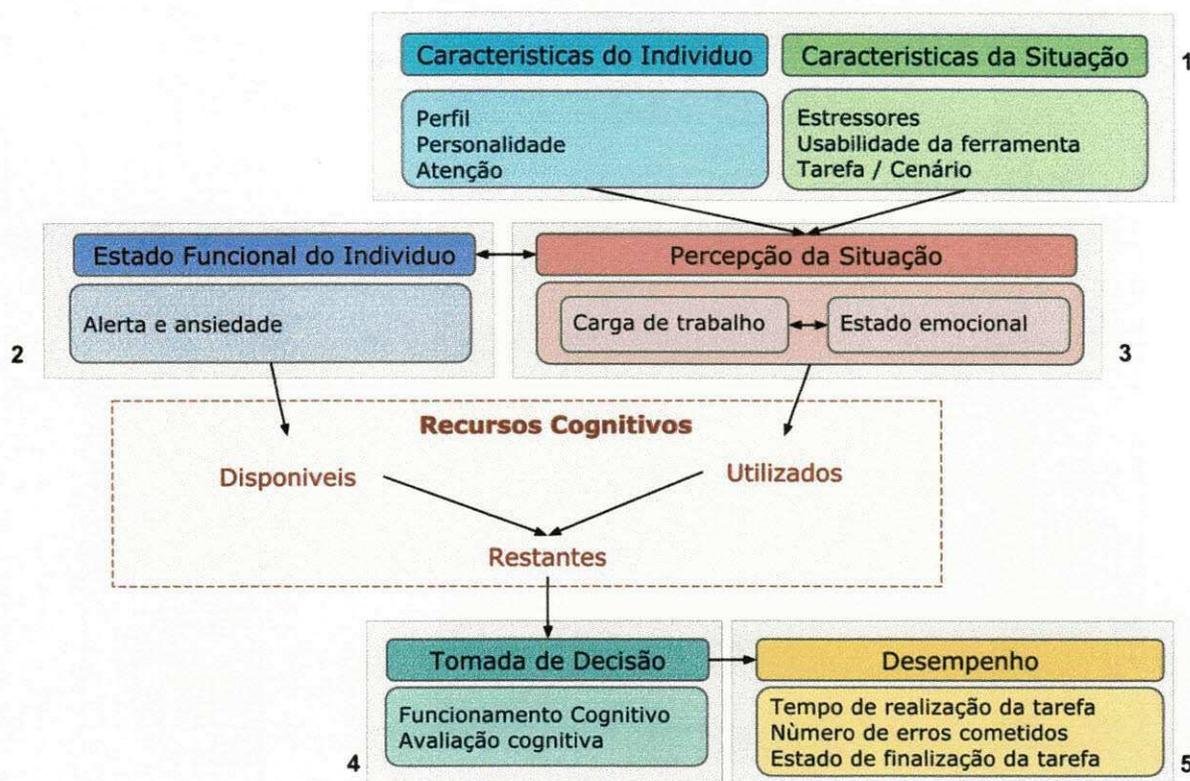
### 3.5. Ferramental: Procedimento para Análise de Dados

Para à análise dos dados, PEOI propõe que os dados referentes a cada elemento de cada componente do modelo para compreensão do comportamento humano (M2CH) seja analisado individualmente. Deve-se realizar a análise das informações coletadas a partir de cada ferramenta aplicada na avaliação tendo como base as características e procedimentos de análise definidos por cada ferramenta.

Em seguida, sugere-se que, a partir dos elementos presentes no M2CH, os dados sejam cruzados a fim de se definir quais elementos exercem maior ou menor influência sobre o desempenho dos indivíduos. A proposição para correlação das variáveis toma como base o trabalho de [Galy et al. 2012], onde variáveis internas e externas ao indivíduo são fornecedoras e consumidoras de seus recursos cognitivos, recursos esses que serão utilizados na tomada de decisão, na realização de uma tarefa. Os recursos cognitivos considerados no estudo são: recursos disponíveis determinados pelo estado funcional do indivíduo (seu estado de alerta e de ansiedade); recursos utilizados consumidos pelo usuário na percepção da situação (carga de trabalho e estado emocional), levando em consideração as características do indivíduo e da situação. Ao se subtrair os recursos utilizados dos recursos disponíveis, chega-se aos recursos restantes, aqueles com os quais os usuários farão a tomada de decisão, que findará no seu desempenho.

Logo, em termos cognitivos pretende-se observar as relações existentes entre os elementos de M2CH a partir do cálculo: *Recursos Disponíveis – Recursos Utilizados = Recursos Restantes* [Galy et al. 2012]. Onde, os elementos que compõe o M2CH são organizados em cinco blocos de informações e a relação entre estes pode direcionar a elaboração de hipóteses do ensaio de avaliação. Tais relações estão descritas abaixo e representadas na Figura 5:

- Bloco 1 *versus* Bloco 3: características pessoais e da situação *versus* (percepção da situação);
- Bloco 3 *versus* Bloco 4: estado funcional e percepção da situação *versus* (tomada de decisão);
- Bloco 2 e 3 *versus* Bloco 5: estado funcional e percepção da situação *versus* desempenho; e,
- Bloco 4 *versus* Bloco 5: tomada de decisão *versus* desempenho.



**Figura 5: Cruzamento de dados proposto para análise**

A depender do número de participantes na avaliação, ou mesmo do propósito do experimento, é interessante que uma análise estatística seja realizada. O procedimento estatístico sugerido por PEOI compreende em:

- (i) Realizar a verificação da normalidade dos dados coletados;
- (ii) Aplicar um método para identificar a correlação entre todos os pares de variáveis presentes no M2CH a fim de identificar se as correlações são significativas (correlação muito forte, forte ou moderada) - o resultado obtido pode refinar as hipóteses elaboradas a partir da identificação e eliminação de preditores pouco correlacionados com as variáveis respostas estabelecidas; e
- (iii) Utilizar gráficos de dispersão para verificar o tipo de relação (linear ou não linear) entre cada preditor e a respectiva variável resposta e em seguida, identificar o modelo de regressão mais adequado para descrever o relacionamento entre as variáveis de cada hipótese.

### 3.6. Conclusão

A elaboração do protocolo foi guiada pelo conjunto de objetivos específicos descritos na introdução. As etapas, processos e atividades foram definidos e as relações entre esses elementos foram representadas a partir do fluxo de realização do PEOI. Os papéis e as responsabilidades dos envolvidos na aplicação do protocolo foram definidas e sua atuação foi localizada para todos os processos do PEOI. Um conjunto de documentos para registro das decisões do experimento foi sugerido enquanto artefatos com seus respectivos *templates* para aplicação. As ferramentas para registro e coleta de dados são sugeridas de acordo com os elementos que compõem o modelo abstrato simplificado para compreensão do comportamento humano (M2CH). Por fim, o procedimento para análise dos dados coletados foi definido.

A concepção do protocolo adotou um processo iterativo e incremental que possibilitou a liberação de versões parciais do PEOI. Essa abordagem permitiu a realização de avaliação contínua a partir da aplicação do PEOI a diferentes contextos, com instâncias específicas, ao longo de sua definição. O Capítulo seguinte contempla a descrição das aplicações do PEOI em caráter de validação.

## CAPÍTULO 4: APLICAÇÕES DO PROTOCOLO

---

---

Neste Capítulo tem-se a descrição da aplicação do PEOI para a observação da interação em contextos distintos. Considerando a completude e abrangência do protocolo, a identificação dos dados de interesse, e, portanto, das ferramentas a serem adotadas no ensaio de avaliação, é definida de acordo com os propósitos de cada experimento. Sendo assim, para cada produto ou contexto em observação, uma instância específica do protocolo é requerida. Ao longo da concepção do protocolo o mesmo foi aplicado aos contextos de avaliação de: usabilidade de produtos de hardware e de software, acessibilidade e da interação em situações críticas. Neste último caso considerou-se estratégias para prevenção do erro humano em subestação elétrica e gestão de crises de poluição marítima. Apenas a última aplicação do protocolo considera-o em sua totalidade, contemplando o modelo para compreensão do comportamento humano. Logo este experimento é descrito em detalhes em termos dos procedimentos e da análise dos dados. Na seção 4.1 tem-se uma descrição geral dos contextos nos quais PEOI foi aplicado. Na seção 4.2 tem-se o detalhamento para a aplicação do protocolo na observação da interação entre usuários e um sistema para apoio a tomada de decisão na gestão de acidentes marítimos. Por fim, tem-se a conclusão (seção 4.3).

### 4.1. Contextos de Aplicação e Instâncias Específicas

A primeira versão do protocolo foi definida em 2008, cujo foco consistiu na observação da interação para avaliação de usabilidade de produtos de hardware ou software. No momento PEOI era composto por etapas, processos e atividades, definidos a partir de um fluxo de realização e apoiado por um conjunto de *templates* de suporte para a geração dos artefatos [Aguar 2009].

A fim de experimentar essa primeira proposição do PEOI, elaborou-se um estudo voltado para a aplicação do protocolo na avaliação da usabilidade do simulador para treinamento de operador de subestação elétrica – *SimuLIHM* - [Santoni et al. 2007]. O estudo foi realizado dentro do escopo da disciplina de Avaliação de Usabilidade de Produtos oferecida pelos programas de pós-graduação de Engenharia Elétrica e Informática (COPELE/COPIN) da UFCG no período letivo de 2008.3. Participaram como avaliadores (usuários do protocolo) oito alunos da pós-graduação, dos quais dois já tinham experiência

como avaliadores de usabilidade. O experimento foi coordenado pela professora da disciplina e da proponente do protocolo.

Os objetivos do estudo compreendiam avaliar a eficiência da aplicação do protocolo no tocante a qualidade do resultado obtido com a avaliação da usabilidade do produto e sua eficácia, considerando a clareza da descrição do protocolo, a facilidade de instanciação do protocolo e do uso dos *templates* para geração dos artefatos. Assim como a satisfação dos usuários, no caso a equipe de avaliação. A fim de acompanhar o experimento, reuniões semanais foram realizadas com a equipe de avaliação, a professora da disciplina e a proponente do protocolo para que se fosse possível identificar as dificuldades enfrentadas durante o processo e receber as críticas e sugestões de melhoria.

Ao final do estudo, os membros da equipe de avaliação responderam a um questionário para se identificar aspectos relativos: ao perfil do respondente, ao protocolo em termos de compreensão, aplicação e construção de artefatos; ao entendimento e organização do protocolo; a aplicação do protocolo considerando facilidade, utilidade, esforço e tempo, a condução do ensaio de usabilidade e, por fim, aos resultados obtidos (Quadro 9).

Embora, de forma geral, os respondentes tenham considerado o uso do protocolo válido e adequado para o planejamento, condução e relato do ensaio de usabilidade, estes também explicitaram desconforto na aplicação do PEOI, definindo a geração dos artefatos como uma atividade que demanda tempo e esforço demasiados. A análise desse resultado em conjunto com o acompanhamento realizado ao longo da aplicação do protocolo, direcionou a identificação de aspectos a serem ajustados:

1. Descrição insuficiente do protocolo: embora a equipe de avaliação tenha sido treinada para a realização do experimento, sua inexperiência, associada a não dedicação exclusiva ao ensaio de usabilidade e a forma de descrição do protocolo, podem ter contribuído para que a descrição do protocolo tenha sido entendida como precária;
2. Dificuldade de entendimento do protocolo: mesmo o protocolo tendo sido avaliado positivamente com relação a sua organização e estruturação (etapas, processos e atividades), com relação à descrição dos artefatos e a disponibilização dos *templates*, a equipe de avaliação demonstrou dificuldade no entendimento do protocolo (relação direta com o item descrito anteriormente);

Quadro 9: Satisfação da equipe de avaliação no uso do protocolo

Protocolo	MF	F	NFND	Dif	MD
A compreensão do protocolo é		3	4	1	
A aplicação do protocolo é		2	4	2	
A elaboração dos artefatos definidos pelo protocolo é		1	3	4	
Entendimento e Organização	CT	C	NCND	Dis	DT
A documentação com a descrição do protocolo é suficiente		2	1	5	
A documentação com a descrição do protocolo é de fácil entendimento		2	4	2	
Os templates fornecidos pelo protocolo são úteis	5	1	2		
Os artefatos estão bem descritos no protocolo		4	3	1	
Aplicação do Protocolo	CT	C	NCND	Dis	DT
Os templates fornecidos pelo protocolo agilizam a geração dos artefatos	6	2			
Considero que todos os artefatos gerados para o ensaio de usabilidade foram úteis	1	4	1	2	
Para a elaboração dos artefatos muito esforço e tempo foram demandados	1	6		1	
Não senti falta de nenhum artefato durante a aplicação do protocolo	2		3	3	
Condução do Ensaio de Usabilidade	CT	C	NCND	Dis	DT
As etapas e processos presentes no protocolo são suficientes	2	6			
A organização das etapas e processos presentes no protocolo mostrou-se adequada	1	4	3		
Os papéis/personagens contemplados não foram suficientes	1	3	1	2	1
O planejamento do ensaio de usabilidade e a geração dos artefatos permitiram que o teste piloto acontecesse como esperado		2	2	4	
Resultados Obtidos	CT	C	NCND	Dis	DT
O tempo empenhado na aplicação do protocolo mostrou-se apropriado diante dos resultados obtidos		2	3	3	
Os resultados obtidos com a aplicação do protocolo foram satisfatórios		4	4		
Considero satisfatória a aplicação do protocolo	1	3	3		

Legenda: MF: Muito Fácil; F: Fácil; NFND: Nem fácil, nem difícil; Dif: Difícil; MD: Muito Difícil; CT: Concordo Totalmente; C: Concordo; NCND: Nem concordo, nem discordo; D: Discordo; DT: Discordo Totalmente.

3. Insuficiência dos papéis/personagens definidos para o ensaio: a ausência de uma descrição explícita no protocolo acerca dos papéis básicos a serem desempenhados em um ensaio de avaliação pode ter contribuído para a definição inadequada/insuficiente de responsabilidades para a avaliação realizada;
4. Esforço elevado para elaboração dos artefatos: pode ser associada ao número de artefatos a serem gerados, assim como a inexperiência da equipe de avaliação, pois a

descrição dos artefatos foi bem avaliada e os *templates* foram vistos como facilitadores no processo de construção dos artefatos;

5. Facilidade de aplicação do protocolo: embora a descrição do protocolo tenha sido avaliada como insuficiente, dificultando o entendimento do mesmo, e muito tempo e esforço tenham sido empregados para a elaboração dos artefatos, a estrutura e organização do protocolo aliada a boa descrição dos artefatos e aos *templates* fornecidos, facilitou a aplicação do PEOI contribuindo para os resultados obtidos com a avaliação do produto;
6. Dificuldade na realização do teste piloto: pode ser associada: à inexperiência da equipe de avaliação; ao nível de comprometimento dos avaliadores que não estiveram dedicados exclusivamente ao experimento durante sua realização; à necessidade da equipe de avaliação trabalhar, em alguns momentos, de forma desfragmentada; à qualidade dos artefatos gerados que pode ter sido comprometida pelo tempo e esforço necessários à construção destes; à insuficiência dos papéis e personagens envolvidos no ensaio de usabilidade.

Com o refinamento do protocolo obteve-se uma nova versão [Aguiar & Vieira 2009] que passa a considerar:

- (i) Descrição de processos e atividade mais direta e objetiva visando torná-lo de fácil entendimento e auto contido;
- (ii) Apresentação gráfica para o fluxo de realização do protocolo tornando seu entendimento e aplicação mais intuitivos;
- (iii) Conjunto de papéis e responsabilidades a serem desempenhados pelos envolvidos na aplicação do protocolo; e,
- (iv) Guia de instanciação e aplicação do PEOI.

Além disso, o conjunto de artefatos sugeridos, com seus respectivos templates, foi revisto e a partir da identificação de informações não essenciais e redundantes houve uma redução do número de artefatos (de 50 para 23 documentos) com o objetivo de otimizar o tempo e o esforço de elaboração e manutenção destes.

Esta versão do PEOI foi adotada para a realização de uma bateria de testes de usabilidade a partir de uma parceria estabelecida entre o LIHM e o Parque Tecnológico da Paraíba, no Projeto Alvo, durante os anos de 2009 e 2010. A equipe de avaliação foi

composta por sete (07) avaliadores com níveis de experiência distintos na realização de observações da interação para avaliação de usabilidade e no uso do PEOI. As avaliações compreenderam produtos de hardware e software, totalizando sete (07) produtos, cujos testes foram realizados em laboratório e em campo. Segue uma breve descrição dos produtos:

**Assessoria Contábil em Medicina (ACM):** é um sistema contábil para o gerenciamento de receitas e despesas dentro de uma clínica médica. As receitas e as despesas estão associadas aos departamentos da clínica e aos convênios de saúde aos quais ela presta serviço. A partir dos cadastros realizados, o sistema pode gerar relatórios com as receitas e despesas de um determinado mês. O produto deverá ser usado em escritórios de contabilidade e em clínicas médicas.

**Strategy Dashboard:** consiste em um portal que apresenta um painel de indicadores gerenciais no qual são exibidos gráficos que ilustram o desempenho mensal de uma empresa.

**MEDE:** É um medidor/registrator de energia elétrica capaz de capturar em tempo real as grandezas de tensão, corrente, potência ativa, potência reativa, potência aparente e fator de potência de cargas elétricas como máquinas, equipamentos, empresas, residências, etc. A partir dos dados o sistema gera gráficos, relatórios, estatísticas e alarmes em tempo real. O produto também pode efetuar o corte e religamento de cargas automaticamente.

**Nordestão Imóveis:** consiste em portal de classificados de imóveis da região nordeste que se propõe a divulgar imóveis para venda, aluguel ou temporada, e permite a busca por imóveis com um perfil desejado.

**OurGrid 4.1.5:** Plataforma de código aberto para computação em grades que permite distribuir a execução das tarefas que demandam grande poder computacional em milhares de computadores, diminuindo o tempo de resposta. O sistema possui dois tipos de usuários: os administradores, que montam e gerenciam a grade computacional; e os clientes, que submetem suas tarefas para a grade.

**Sistema de Roteiro de Manobras (SisRTM):** consiste em uma aplicação computacional construída para gerência de Roteiros de Manobras (RTM), Programas de Manobras (PGM) e Análise Preliminar de Perigo (APP). Tem por objetivo a padronização dos documentos de acordo com a norma regulamentadora NR10, para tanto fornece as funcionalidades de edição e recuperação dos RTM, PGM e APP, com controle automático de versão e edição, permitindo auditoria, por sistemas externos, de todo o processo.

**Swimming Power System (SPS):** aparelho para avaliação biomecânica do nado a fim de identificar aspectos que devem ser melhor trabalhados para aumentar o desempenho do nadador. O produto consiste em um cinto que contém um transmissor de dados e um dispositivo submerso, onde o segundo captura informações sobre o nado e transmite essas informações para um sistema computacional através do transmissor de dados. O sistema computacional processa os dados e, apresenta gráficos e relatórios sobre o desempenho do nadador. SPS deve ser utilizado durante o treinamento de nadadores profissionais.

Além do projeto Alvo, PEOI foi utilizado em ambiente acadêmico para apoiar pesquisas de mestrado e doutorado. O protocolo foi instanciado para avaliação de um sistema de Interface-Cérebro Computado pervasivo para o controle de dispositivos multimídia a ser usado por portadores de deficiência motora severa [Rached 2010]. O planejamento do experimento previa a realização de testes em laboratório e em campo, Instituto de Neurociências da Paraíba, em João Pessoa.

Ainda dentro do contexto de acessibilidade, o protocolo foi instanciado e aplicado para a avaliação de usabilidade de leitores de tela e teclado Braille desenvolvidos para indivíduos portadores de deficiências visuais [Lima 2012; Lima et al. 2010; Lima et al. 2011]. Nesse caso, a instanciação do protocolo considerou a inclusão das técnicas de grupo focal, oficinas de trabalho e percurso cognitivo. O universo amostral, de 50 usuários de teste, contemplou a participação de usuários cegos e de baixa visão, com cegueira congênita ou adquirida. As tarefas de teste foram direcionadas para permitir a coleta de dados relativos ao processo de aprendizado do participante no teste, considerando fatores cognitivos e seu estado emocional (explorado superficialmente). Após a finalização dos experimentos, realizou-se uma atividade de sondagem da satisfação da equipe de avaliação sobre o guia de aplicação do protocolo. De forma geral, os avaliadores consideraram-no uma ferramenta interessante e útil, no entanto, algumas sugestões de melhorias foram realizadas e registradas para refinamento do PEOI em versão posterior, a saber: inclusão de um glossário para termos técnicos utilizados; explicitar, no guia e nos *templates*, a dependência entre campos dos artefatos<sup>37</sup>; e, incluir exemplos de preenchimento para o conteúdo dos *templates*;

No trabalho de tese de Nascimento Neto [2009] o protocolo foi aplicado para a avaliação da usabilidade do *SimuLIHM* em uma versão onde o treinamento realizado contempla a adoção de estratégias para prevenção do erro-humano. O experimento consistiu em doze (12) sessões de testes realizados nas instalações do ambiente real da subestação

---

<sup>37</sup> Se a atividade X não for aplicável, preencher os itens a partir do campo Z.

elétrica (*in loco*), durante o período de dez/2009 e jan/2010 [Nascimento Neto et al 2010]. As tarefas e os cenários de teste foram extraídos dos relatórios de acidentes replicando situações reais de trabalho. Além da observação da interação sob o aspecto da usabilidade do simulador, o experimento foi direcionado para o estudo do erro humano no tocante a identificação dos fatores que influenciam sua ocorrência. A aplicação do PEOI neste experimento evidenciou a necessidade de refinar o protocolo para torná-lo mais robusto no apoio à compreensão do comportamento humano para o estudo do erro. Os refinamentos feitos resultaram na versão atual do protocolo [Aguiar et al 2011a; Aguiar et al 2011b]. A aplicação mais recente do PEOI se deu enquanto estudo de caso deste trabalho de tese e consistiu na observação da interação entre os usuários e a ferramenta *Generateur de Plans d'Intervention*<sup>38</sup> (GENEPI) [Mercantini et al. 2010]. O protocolo foi instanciado em sua totalidade, em caráter experimental exploratório, a fim de avaliar sua integração com o M2CH, que apoia o estudo do comportamento humano. A equipe de avaliação, multidisciplinar, composta por seis (06) avaliadores que realizaram sete (07) sessões de teste entre junho e julho de 2011. Os procedimentos de instanciação e aplicação do protocolo, assim como os resultados da análise de dados serão detalhados na seção seguinte, no relato do estudo de caso.

No Quadro 10 tem-se a caracterização das doze (12) instanciações do PEOI realizadas de acordo com as particularidades de cada contexto de aplicação. De forma resumida, tem-se que as aplicações do protocolo deram-se entre 2008 e 2011, contemplando 130 usuários de teste, onde as equipes de avaliação foram compostas por 2 (2/12), 3 (8/12), 6 (1/12) e 8 (1/12) membros. De acordo com o contexto das avaliações têm-se sete (7/12) avaliações de usabilidade de produtos, duas (2/12) avaliações de dispositivos de acessibilidade de produtos e três (3/12) avaliações para observação da interação em situações críticas. Os produtos envolvidos foram em maioria (11/12) software. A maioria dos experimentos foi realizada em ambiente de laboratório (9/12), sendo dois (2/12) realizados em campo e um (1/12) *in loco*<sup>39</sup>.

No Quadro 11 tem-se um resumo da instanciação do PEOI para cada uma das avaliações, considerando: os elementos que compõem o M2CH<sup>40</sup>, os dados de interesse<sup>41</sup> e as ferramentas adotadas para o registro e coleta de dados do experimento. Neste caso, vale

---

<sup>38</sup> Descrita em detalhes mais adiante.

<sup>39</sup> O participante é observado no seu ambiente de trabalho, realizando tarefas deste contexto. Como característica do experimento tem-se menor liberdade para definir as tarefas de teste e os meios para coletar dados.

<sup>40</sup> Características da situação, características do indivíduo, estado funcional do indivíduo, percepção da situação, tomada de decisão e desempenho.

<sup>41</sup> Estressores, usabilidade, tarefa, perfil, personalidade, atenção, alerta e ansiedade, carga de trabalho, estado emocional, avaliação cognitiva, tempo de realização, número de erros cometidos e o estado de finalização da tarefa.

salientar que para o produto ICC para controle de dispositivos móveis PEOI foi apenas instanciado, não sendo aplicado devido a restrições do trabalho de dissertação relacionado.

Na seção seguinte, tem-se o detalhamento do experimento realizado como estudo de caso para esse trabalho de tese. A metodologia adotada para aplicação do protocolo em sua totalidade, a fim de observar a interação de um operador (usuário) com um sistema em um a situação crítica (contexto de uso do sistema), foi:

- (i) Seleção de uma ferramenta, pertencente ao domínio de sistemas ou situações críticas que possa ser utilizada em situação simulada. A ferramenta selecionada foi GENEPI;
- (ii) Aplicação do PEOI para observação da interação de usuários de teste com GENEPI:
  - a. Inicialização do PEOI: conhecimento de GENEPI e seu contexto de uso; definição de um plano de avaliação; treinamento da equipe de avaliação e dos usuários de teste; elaboração do material de avaliação e configuração do ambiente de teste; e realização do teste piloto;
  - b. Execução do experimento: condução das sessões de teste e coleta de dados a partir das ferramentas sugeridas e adotadas por PEOI; e,
  - c. Análise dos dados: organização dos dados adquiridos a partir dos questionários; análise dos registros em vídeo para cada sessão de teste; análise dos dados fisiológicos; e análise dos dados relativos às entrevistas pós-teste.

Quadro 10: Caracterização das avaliações realizadas no uso do PEOI

Características		Avaliações											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>Contexto de Avaliação</b>													
Usabilidade		X	X	X	X	X	X	X					
Acessibilidade									X	X			
Situação Crítica	Sistemas Elétricos										X	X	
	Poluição Marítima												X
<b>Produto</b>													
Natureza	Hardware							X	X	X			
	Software	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Simulado											X	X	
<b>Sessões de teste</b>													
Natureza	Em laboratório	X	X	X	X	X	X		N/A	X	X		X
	Em campo							X	N/A	X			
	<i>In loco</i>											X	
Período de Realização	2008									X	X		
	2009	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
	2010	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
	2011												X
Universo amostral	Número de participantes	6	6	6	6	12	6	17	N/A	50	1	13	7
<b>Equipe de avaliação</b>													
Número de membros		3	3	3	3	3	3	3	2	2	8	3	6

## Legenda:

I ACM

II Strategy Dashboard

III MEDE

IV Nordeste Imóveis

V OurGrid 4.1.5

VI SisRTM

N/A Não se Aplica

VII SPS

VIII ICC pervasivo para controle de dispositivos multimídia

IX Leitores de tela e teclado Braille

X SimuLIHM

XI SimuLIHM dotado de estratégias para prevenção do erro humano

XII GENEPI

OI Observação da Interação

Quadro 11: Instâncias do PEOI de acordo com contextos de aplicação

		Avaliações											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>Características da Situação</b>													
Estressores	OI								N/A				X
Usabilidade	WebQuest	X	X	X	X	X	X	X	N/A	X	X	X	X
Tarefa	Cenário <sup>42</sup>								N/A			X	X
<b>Características do Indivíduo</b>													
Perfil	POCUS	X	X	X	X	X	X	X	N/A	X	X	X	X
Personalidade	BF-50								N/A				X
Atenção	D2								N/A				X
<b>Estado Funcional do Indivíduo</b>													
Alerta e Ansiedade	AD-ACL								N/A				X
	Freq. Cardíaca								N/A				X
<b>Percepção da Situação</b>													
Carga de Trabalho	NASA-TLX								N/A				X
	EDA								N/A				X
Estado Emocional	SAM								N/A				X
	GEW								N/A				X
	Expr. Faciais	X	X	X	X	X	X		N/A		X	X	X
	EmotAix								N/A				X
<b>Tomada de Decisão</b>													
Avaliação Cognitiva	GAQ								N/A				X
	CognitAix								N/A				X
<b>Desempenho (tarefa)</b>													
Tempo	OI	X	X	X	X	X	X	X	N/A	X	X	X	X
Número de Erros	OI	X	X	X	X	X	X		N/A	X	X	X	X
Estado Final	OI	X	X	X	X	X	X	X	N/A	X	X	X	X

## Legenda:

I ACM

II Strategy Dashboard

III MEDE

IV Nordeste Imóveis

V OurGrid 4.1.5

VI SisRTM

N/A Não se Aplica

VII SPS

VIII ICC pervasivo para controle de dispositivos multimídia

IX Leitores de tela e teclado Braille

X SimuLIHM

XI SimuLIHM dotado de estratégias para prevenção do erro humano

XII GENEPI

OI Observação da Interação

<sup>42</sup> Tarefas e Cenários de teste com base na análise de relatórios de acidentes e incidentes

## 4.2. Estudo de Caso

A realização do estudo de caso foi motivada pela necessidade de verificar a pertinência das atividades e ferramentas presentes no protocolo no tocante à observação da interação voltada para a compreensão do comportamento humano. Ou seja, na aplicação do PEOI apoiado pelo M2CH. Nas subseções seguintes tem-se a descrição detalhada do experimento (4.2.1), os procedimentos de teste, coleta e organização dos dados (0) e o resultado da análise de dados (4.2.3).

### 4.2.1. Descrição do Experimento

**Local, Período e Sessões de Teste:** o experimento foi realizado no Centro de Pesquisa de Psicologia da Cognição, Linguagem e Emoção da *Université de Provence*<sup>43</sup>, França entre os meses de maio e junho de 2011. Foram realizadas oito (08) sessões de testes, sendo uma delas o teste piloto. As alterações realizadas no experimento após o teste piloto impossibilitaram que os dados do mesmo fossem considerados na análise.

**O ambiente e os equipamentos de teste:** o ambiente de teste foi composto por duas salas, uma para o usuário de teste (posto de trabalho do operador) e outro para a observação (sala de observação). Para registrar as ações dos participantes no ambiente de trabalho e as suas expressões faciais durante a realização do experimento, duas câmeras de vídeo foram necessárias. A câmera para registro das expressões faciais foi posicionada de maneira a focalizar apenas no rosto do usuário. A outra, para registro do ambiente, foi utilizada com auxílio de um tripé, posicionado por trás do participante – permitindo a visualização de todo o ambiente de teste. Uma terceira câmera foi necessária para que os observadores pudessem acompanhar, em tempo real, o usuário enquanto realiza a tarefa. Tal registro é realizado a partir de *webcam* em um computador conectado à internet. Para que a comunicação se estabeleça, os avaliadores também precisam de um computador conectado à rede. Para a comunicação entre os usuários e os observadores, faz-se uso de um telefone portátil. O participante tem acesso a um computador para que possa realizar a tarefa a partir de GENEPI. Ainda, para a medição das reações fisiológicas outro computador foi utilizado, em conjunto com o BIOPAC<sup>44</sup>. A coleta da resposta eletrodermal se dá a partir de dois captadores ligados ao

<sup>43</sup> *Le Centre de Recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'Émotion* (conhecido como *Centre PsyCLÉ* : <http://sites.univ-provence.fr/wpsycele/>, ultimo acesso em Agosto de 2012.

<sup>44</sup> BIOPAC version 4.1

BIOPAC e posicionados nos dedos indicador e médio da mão esquerda do usuário. Para a medição da variância da frequência cardíaca, um único captor foi colocado abaixo do tórax do usuário.

No ambiente de trabalho do usuário utilizaram-se os softwares: *CamStudio*<sup>45</sup> para o registro em vídeo da tela do usuário; *TeamViewer*<sup>46</sup> para que os observadores pudessem acompanhar em tempo real as ações do usuário sob a interface do produto – sem interferência. A visualização em tempo real do participante, pelos avaliadores, se deu a partir do uso do *Skype*<sup>47</sup>, instalados em ambos os computadores. Por fim, o software *AcqKnowledge*<sup>48</sup> foi instalado no mesmo computador onde encontra-se o BIOPAC para que os dados coletados por este pudessem ser armazenados para posterior análise.

**Usuários de teste (participante ou operador):** o universo de participantes de teste foi composto por sete (07) integrantes, homens (3/7) e mulheres (4/7) pertencentes à faixa etária abrangente - entre 18 e 24 anos (3/7), entre 25 e 35 (2/7) e acima de 38 (2/7), onde a maioria (6/7) possui limitações visuais sendo portadores de lentes corretivas. Os usuários de teste pertencem ao meio acadêmico/universitário, na seguinte distribuição: graduação em curso (3/7), mestrado em curso (1/7), doutorado em curso (1/7) e doutorado concluído (2/7). Os participantes apresentaram níveis diferentes de conhecimento e experiência relativos ao produto, ao contexto e a tarefa a ser realizada. O nível de conhecimento e de experiência dos usuários definiu o cenário de teste ao qual o mesmo seria alocado: cenário guiado ou livre. Em ambos os casos a mesma tarefa de teste deveria ser realizada, no entanto, com detalhamento diferente dos procedimentos a serem seguidos. Os tempos estimados para realização da tarefa também foram distintos. Para o cenário guiado, cuja tarefa foi descrita com alto nível de detalhamento, estimou-se 30 minutos – usuários com baixo nível de conhecimento e experiência. Enquanto que para o cenário livre, cuja tarefa foi descrita com baixo nível de detalhamento, estimou-se 40 minutos – usuários com alto nível de conhecimento e experiência (Quadro 12).

---

<sup>45</sup> CamStudio version 2.1.

<sup>46</sup> TeamViewer version 6.0: instalado no computador do usuário de teste e dos observadores.

<sup>47</sup> Skype version 5.3: acesso à internet é necessário para estabelecer comunicação.

<sup>48</sup> AcqKnowledge version 4.1.

Quadro 12: Nível de conhecimento e experiência dos usuários de teste

		Usuário						
		01	02	03	04	05	06	07
Conhecimento e Experiência	Produto	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Alto	Alto	Médio
	Tarefa	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Alto	Alto	Médio
	Contexto	Médio	Baixo	Médio	Baixo	Alto	Baixo	Baixo
Cenário de Teste		Livre	Guiado	Guiado	Guiado	Livre	Livre	Guiado

**O produto:** GENEPI (*Generateur de Plans d'Intervention*) consiste em um sistema de apoio à decisão, para auxiliar a preparação de planos de contingência a fim de lidar com acidentes marítimos. GENEPI é um módulo do sistema CLARA 2 (*Calculs Liés Aux Rejets Accidentels*) [CLARA 2 Consortium 2006-2010], uma ferramenta para gestão de crises relacionadas à poluição marítima cujo objetivo é facilitar e agilizar o estabelecimento de zonas de exclusão relevantes para alerta, assim como proteger pessoas, bens e ambiente, mobilizar os meios de luta apropriados e antecipar situações críticas – tudo isso o mais rápido possível. A ferramenta é baseada em um simulador projetado para prever a localização de um poluente, e as mudanças em sua concentração no mar e na atmosfera, dada a ocorrência de um grande derrame do poluente. As informações tratadas permitem uma avaliação de impacto e fornecem sugestões de planos de intervenção a fim de apoiar a decisão sobre as estratégias e técnicas a adotar no controle do acidente. O contexto de aplicação se caracteriza como de sistemas críticos em ambientes de automação, passível de simulação em ambiente de teste, o que torna o mesmo adequado para aplicação do PEOI. As figuras que exemplificam a interface de GENEPI estão disponíveis no Anexo A.

**Treinamento:** os usuários de teste passaram por um treinamento de familiarização com GENEPI e com o seu contexto de uso, cuja duração foi de uma hora e trinta minutos. O treinamento foi realizado por um especialista em acidentes marítimos que participou do desenvolvimento de GENEPI. O método utilizado consistiu na apresentação de um seminário onde as principais funções da ferramenta foram demonstradas. O treinador e os usuários interagiram ao final da apresentação a fim de que as dúvidas existentes fossem esclarecidas.

**A tarefa e o contexto e interação:** a tarefa de teste foi baseada em relatórios de acidentes marítimos e consistiu em utilizar GENEPI para gerar um plano de intervenção para um acidente marítimo. Independente do contexto livre ou guiado, a situação de teste pode ser descrita como segue: o participante, situado em um ambiente que simula o Centro

Operacional de Vigilância do Litoral<sup>49</sup>, recebe um conjunto de informações iniciais a respeito do acidente marítimo, a partir de uma ligação telefônica realizada pela Prefeitura Marítima do Mediterrâneo<sup>50</sup>. O mesmo é informado pela Prefeitura que é necessário que um plano de intervenção seja gerado o mais rápido possível, diante da gravidade do problema. Em seguida o usuário é avisado que para adquirir as informações complementares sobre a situação do acidente, ele deve contatar os órgãos especializados a partir de ligações telefônicas (Quadro 13). Ao serem contatados, os órgãos especializados fornecem as informações solicitadas por telefone ou fax (simulação)<sup>51</sup>. As informações recebidas devem alimentar o sistema GENEPI para geração do plano de intervenção solicitado pela Prefeitura.

#### Quadro 13: Organismos e domínios de informação

Órgãos Específicos	Informação que detém
CROSS <sup>52</sup>	Gerais sobre o acidente, o navio envolvido e o local.
Météo-France	Meteorológicas e oceanógrafos.
DREAL PACA <sup>53</sup>	Características econômicas e ecológicas do ambiente.
CEDRE <sup>54</sup>	Quantidade do produto evaporado/dissolvida, o pH, e concentração no ar e na água.
LDAAE <sup>55</sup>	Características da água e do ar.

**A equipe de avaliação:** foi composta por seis (06) membros que exerceram papéis diversos ao longo da aplicação do PEOI. A alocação realizada tem como base a formação de cada membro, a saber: 02 especialistas em avaliação de usabilidade, 01 especialista em psicologia, 01 especialista em acidentes marítimos e 02 estagiarias em ciência da informação e sistemas.

#### 4.2.2. Procedimentos de Teste, Coleta e Organização dos Dados

Na aplicação do PEOI buscou-se utilizar a totalidade das ferramentas presentes no protocolo. Na Figura 6 tem-se as ferramentas adotadas no experimento agrupadas de acordo com os elementos do M2CH, onde para cada uma delas tem-se o tipo de dado coletado. Os procedimentos de teste refletem os processos que compõem a Etapa 4 do PEOI (Quadro 14), a saber:

<sup>49</sup> *Centre Opérationnel de Surveillance du Littoral.*

<sup>50</sup> *Préfecture Maritime de la Méditerranée.*

<sup>51</sup> A interação entre o usuário de teste e os órgãos é simulada a partir dos personagens auxiliares.

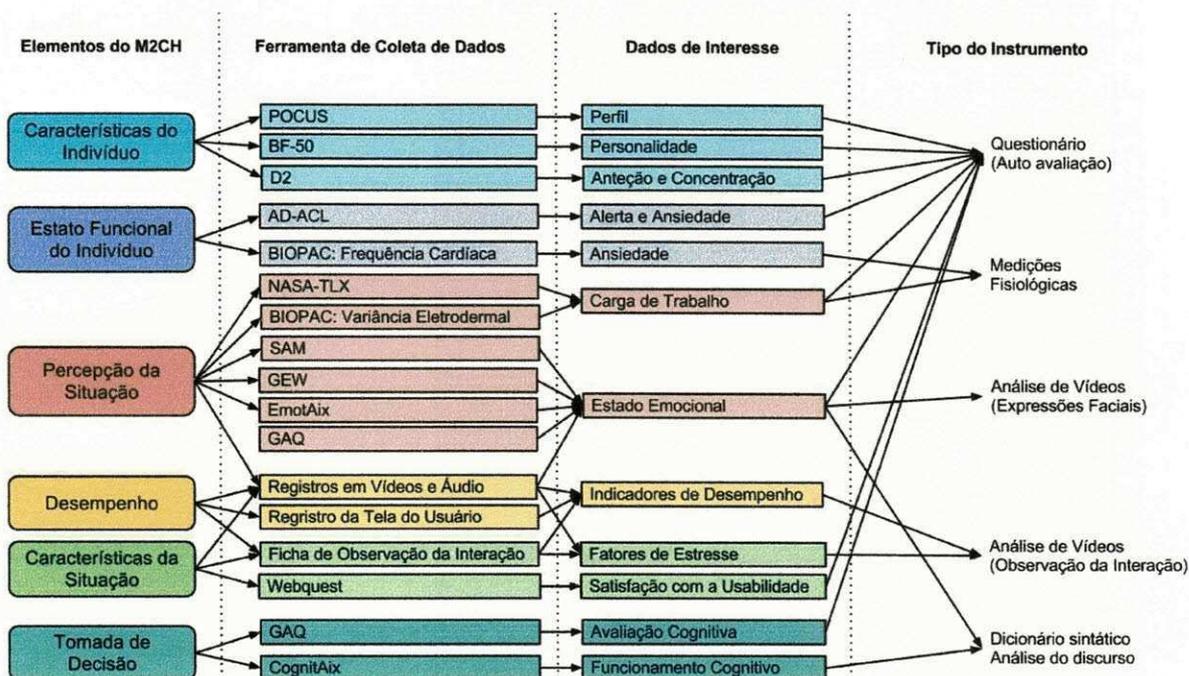
<sup>52</sup> *Centres régionaux opérationnels de surveillance et de sauvetage.*

<sup>53</sup> *Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement.*

<sup>54</sup> *Centre de documentation, de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux.*

<sup>55</sup> *Laboratoire Départementale d'Analyse de l'air et des Eaux Bouches du Rhône.*

- Processo 4.1 – Organização do ambiente e coleta dos dados pré-interação;
- Processo 4.2 – Execução das tarefas de teste e coleta dos dados de interação; e,
- Processo 4.3 – Organização do ambiente e coleta de dados pós-interação.



**Figura 6: Ferramentas utilizadas na aplicação do PEOI para GENEPI**

**Quadro 14: Procedimento de teste**

<b>Processo 4.1 – Preparação do ambiente e coleta de dados pré-teste</b>	<b>Sequencia</b>
At_4.1_1 <sup>56</sup> Organizar ambiente de teste (pré-teste)	Paralelo
Verificar impressão do material necessário: questionários, fichas e termos de participação.	
Instalar programas* (GENEPI, Skype, TeamViewer e Camstudio)	
Posicionar as câmeras e verificar funcionamento e carga das baterias	
Verificar (testar) funcionamento dos equipamentos (computadores, telefones, BIOPAC – eletrodos, fios, conectores, etc.) e programas (GENEPI, Skype, TeamViewer e Camstudio)	
At_4.1_2 Receber usuário de teste	Sequencia
Explicar ao usuário o propósito e procedimentos da avaliação	
Apresentar o ambiente de teste ao usuário	
At_4.1_3 Preencher as condições de participação	Sequencia
Assinar os termos de participação	
At_4.1_4 Coletar Dados pré-teste	Sequencia
Aplicar as ferramentas: BF-50 (Personalidade) e POCUS <sup>57</sup> (Perfil)	
Posicionar os eletrodos para coleta de dados fisiológicos (BIOPAC)	
Aplicar a ferramenta D2 (atenção)	
Fornecer e explicar o roteiro de tarefas de teste	
<b>Processo 4.2 – Realização de tarefas e coleta de dados da interação</b>	<b>Paralelo</b>
At_4.2_1 Efetuar tarefas de teste	Paralelo
At_4.2_2 Efetuar observação	
At_4.2_3 Efetuar coleta de dados de Interação	
At_4.2_4 Efetuar interações	
Inicializar câmeras (ambiente e rosto do usuário) e programas para registro de áudio, vídeo (tela do usuário) e reações fisiológicas (ao mesmo tempo) – coleta de dados	
Usuário inicia a realização da tarefa de teste com base no roteiro de tarefas de teste	
Usuário recebe ligação de um personagem auxiliar (interação) fornecendo alguns dos dados necessários para realizar a tarefa	
Usuário interage com personagens auxiliares (telefone) a fim de obter os dados necessários para realizara a tarefa	
Os personagens auxiliares fornecem os dados solicitados a partir de telefone ou fax	
Avaliadores introduzem eventos perturbadores, entendidos como fatores de estresse.	
Avaliadores acompanham as ações do usuário em tempo real e registram eventos importantes e associam ao tempo no qual ocorreram (ações dos usuários, reações do usuário, eventos perturbadores, etc.)	
Avaliadores registram as interações entre o usuário e os personagens auxiliares no processo de aquisição das informações para preenchimento de GENEPI	
Usuário ou avaliador indica fim da tarefa	
Finalizar registro das reações fisiológicas (retirar os eletrodos) e de vídeo (tela do usuário)	
<b>Processo 4.3 – coleta de dados pós-teste e preparação do ambiente</b>	<b>Sequencia</b>

<sup>56</sup> At\_4.1\_1: Atividade 1 do processo 4.1

<sup>57</sup> POCUS foi aplicada no momento do treinamento, assim s informações coletadas foram utilizada para a alocação dos usuários aos cenários de teste mais adequados.

**At\_4.3\_1 Coletar dados pós-teste<sup>58</sup>**

Sequencia

Momento anterior à entrevista: Aplicar as ferramentas: SAM, GEW e AD-ACL

Momento posterior à entrevista: Aplicar as ferramentas: NASA-TLX, GAQ e Webquest

**At\_4.3\_2 Efetuar entrevista**

Sequencia

Realizar entrevista de confrontação, onde o entrevistador visualiza os picos de reações fisiológicas, as anotações dos avaliadores relatores e os vídeos (de forma rápida) e questiona o usuário sobre o seu sentimento e comportamento no momento. O registro é feito a partir de anotações e de áudio e vídeo a partir das câmeras.

**At\_4.3\_3 Organizar ambiente pós-teste**

Sequencia

Finalizar o registro das câmeras (ambiente e rosto do usuário)

Renomear os arquivos de vídeo (ambiente, rosto do usuário e tela do usuário), os arquivos dos registros fisiológicos e arquivos da entrevista com um identificador da sessão de teste, identificador do usuário e tipo de dado (por exemplo: videoRosto\_sessão01\_usuario03).

Recolher e arquivar, com identificador da sessão e do usuário de teste, as fichas de observação preenchidas pelos avaliadores relatores (anotações) e os questionários, organizados na ordem de aplicação.

Desligar equipamentos (computadores, BIOPAC, câmeras de vídeos, etc.).

Recolher e guardar (caso não haja outra sessão de teste seguinte) os materiais (papel, lápis, questionários não preenchidos, etc.) e equipamentos utilizados (câmeras, telefones, eletrodos, etc.).

***Procedimentos de organização dos dados coletados:*** após a realização do experimento a equipe de avaliação se concentrou na tabulação e análise de dados (Etapa 5) que consiste na organização dos dados (Processo 5.1), na análise dos dados (Processo 5.2) e na obtenção dos resultados (Processo 5.3).

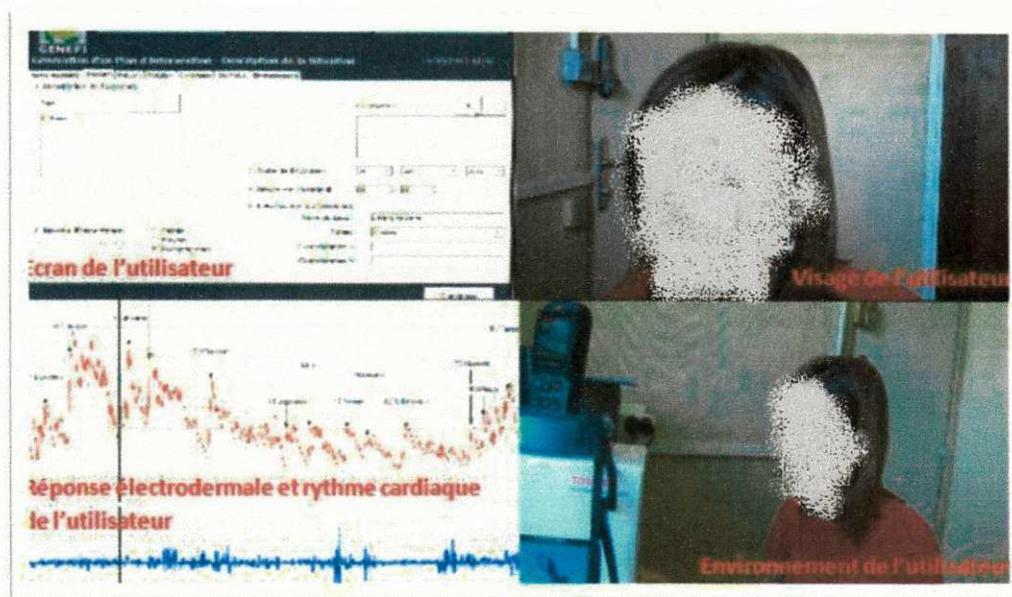
As respostas dos usuários de teste aos questionários e ferramentas de autoavaliação aplicados no experimento foram organizadas em uma planilha cujas abas referiam-se a cada instrumento. As informações são dispostas de forma a se identificar as respostas, de cada usuário, a cada pergunta feita. A tabulação reflete dos dados referentes às:

- (i) Características dos usuários: perfil (POCUS), personalidade (BF-50) e atenção (D2);
- (ii) Características da situação: usabilidade da ferramenta (Webquest);
- (iii) Estado funcional do indivíduo: ansiedade e alerta (AD-ACL);
- (iv) Estado do usuário: carga de trabalho (NASA-TLX) e estado emocional (SAM e GEW); e,
- (v) Tomada de decisão: avaliação cognitiva (GAQ).

<sup>58</sup> Devido ao grande número de questionários a serem aplicados na aplicação experimental de PEOI, optou-se por intercalar a aplicação dos questionários pela entrevista, onde, antes da entrevista foram aplicados os questionários SAM, GEW (Estado emocional) e AD-ACL (Alerta e Ansiedade), e depois da entrevista foram aplicados os questionários NASA-TLX (Carga de Trabalho), GAQ (Avaliação cognitiva – tomada de decisão) e Webquest (Satisfação do Usuário - Usabilidade).

Os vídeos das câmeras que registraram o rosto do participante e o ambiente de teste foram sincronizados com o registro da tela do usuário e com os registros eletrodermais. Tudo em uma única visualização a fim de facilitar a análise da correlação das expressões faciais, com o contexto ambiental, a tarefa realizada e os picos eletrodermais (Figura 7).

Adotou-se a construção de diagramas de sequencia para registrar a comunicação entre o usuário e os personagens auxiliares, assim como para registrar os eventos ocorridos durante a tarefa. Os vídeos que registraram o usuário em seu ambiente, seu rosto e a tela do seu computador (meio de interação com o produto) foram necessários na transcrição do teste enquanto diagrama. O diagrama de sequencia contém a hora de ocorrência de cada evento.



**Figura 7: Visualização dos quatro vídeos em sincronia**

É possível ainda, saber o tempo de início e fim de cada ensaio, a fim de comparar o tempo global de cada usuário. Por outro lado, é essencial destacar os personagens auxiliares (organismos) com os quais o usuário interagiu – sendo informado no diagrama o nome de cada organismo associado ao evento registrado, explicitando-se os emissores e receptores das “mensagens” trocadas. O tipo de comunicação corresponde a uma ligação telefônica, um fax ou email. A direção da comunicação diz respeito a quem fornece ou demanda as informações. Entende-se por fator de estresse qualquer evento (previsto e não pela equipe de avaliação) que ocorra durante a sessão de teste e que perturbe o usuário, modificando o foco de sua atenção. O fator de estresse é registrado no diagrama a partir do símbolo « FDS ». As flechas em vermelho representam os momentos de interação nos quais as respostas eletrodermais dos

usuários mostraram-se significativas – pico eletrodermal. A partir de então é possível estabelecer uma correlação entre a análise eletrodermal e a análise dos vídeos. Na Figura 8 um exemplo de diagrama de sequencia.

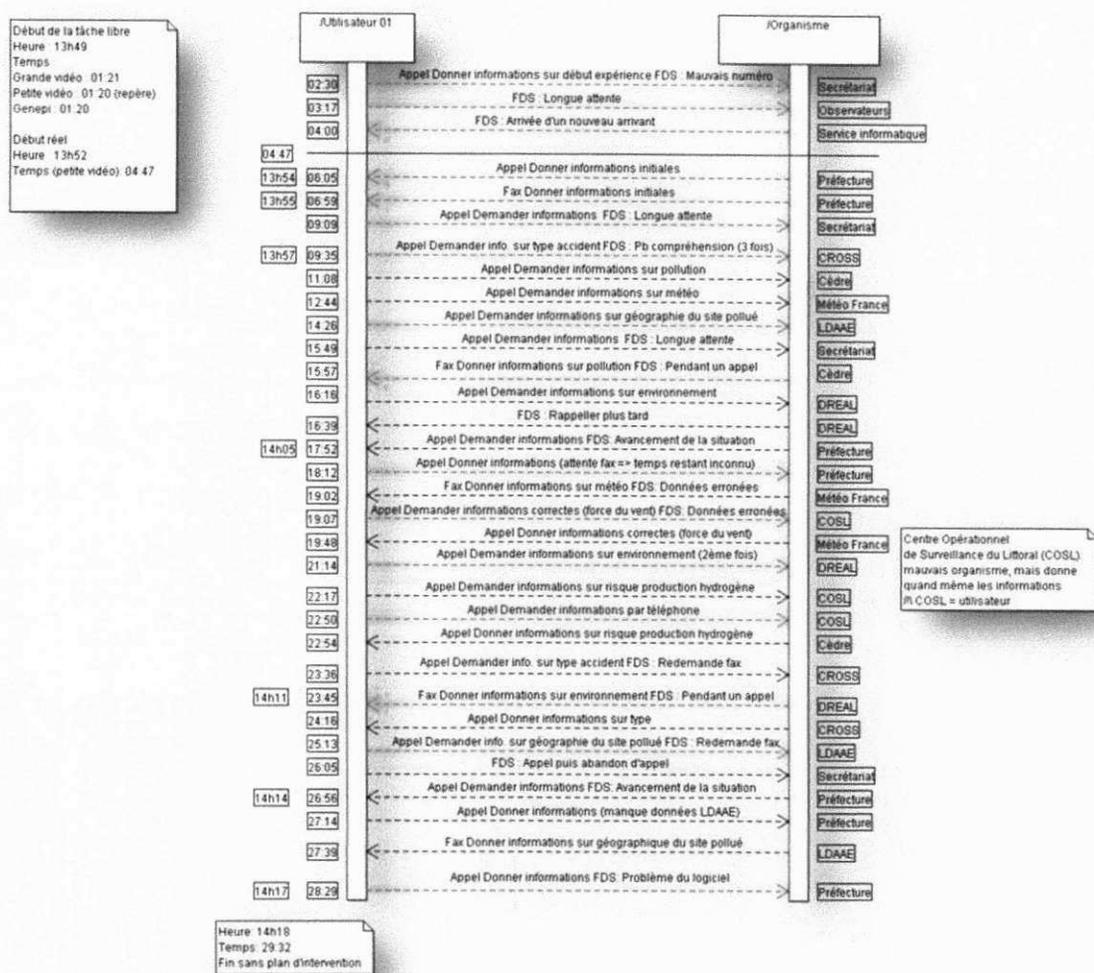


Figura 8: Diagrama de sequencia – usuário de teste 01

A análise dos registros da tela do usuário, apoiada pelas fichas de registro (anotações) dos avaliadores relatores e pelo diagrama de sequencia, permitiram identificar o tempo de realização da tarefa, o número de erros cometidos e o estado de finalização da tarefa. Todas essas informações de desempenho também foram tabuladas em uma planilha.

A análise dos registros do contexto permitiu identificar quais os fatores de estresse aos quais os usuários foram submetidos enquanto realizavam a tarefa de teste. Os estressores foram classificados e categorizados e subcategorizados e quantificados em uma planilha que exibe sua ocorrência para cada usuário. As categorias e subcategorias consideradas são:

- Situação crítica (ligação informando o avanço da situação);

- A pressão temporal (ligação informando sobre o tempo restante para finalizar a tarefa);
- Solicitação inesperada (falar em outro idioma);
- Informações incompletas ou incorretas (dados incorretos, incompletos ou fax ilegíveis); interrupções da tarefa de teste (recebimento de ligações telefônicas ou de fax, ligações de um telefone secundário ou externas, chegada de uma pessoa ou recebimento de uma mensagem SMS); e,
- Tempo de resposta (longa espera e solicitação de que ligue mais tarde para obter a informação requerida).

Essas informações foram acrescentadas ao diagrama de sequência e inseridas no quadro de análise de dados. As entrevistas pós-teste foram transcritas e em seguida processadas pelas ferramentas EmotAix e CogniAix, para identificação do estado emocional e funcionamento cognitivo de cada usuário, respectivamente. Para EmotAix identifica-se a presença de emoções positiva, negativas, não especificadas, de surpresa e de indiferença. Para CogniAix identifica-se bom funcionamento cognitivo ou disfunção cognitiva dos participantes. Ambas as ferramentas trabalham com base na análise do discurso.

Considerando as reações fisiológicas, para a resposta eletrodermal encontram-se os momentos nos quais se percebe uma variação significativa da resposta eletrodermal – picos. Com o software *AcqKnowledge* se obtém uma lista com esses eventos em formato de texto, que apoia a interpretação dos picos em seu formato gráfico. Os tempos de ocorrência para cada pico também são fornecidos sob o formato: *Tempo do AcqKnowledge – Tipo do evento – Curva correspondente – Tempo do vídeo - Nome do evento*. Para a variação de frequência cardíaca, o *AcqKnowledge* forneceu: “*very low frequency PSD*”, “*low frequency PSD*”, “*high frequency PSD*”, “*very high frequency PSD*”, “*sympathetic*”, “*vagal*” e “*sympathetic-vagal balance*”. As informações sobre as reações fisiológicas foram confrontadas com o diagrama de sequência e com os vídeos (do ambiente) favorecendo a compreensão sobre o contexto de ocorrência de cada variação. Essas informações também podem ser utilizadas para investigação da relação entre tais variações e as expressões faciais a partir dos vídeos que registraram o rosto do usuário.

O método para análise dos vídeos do rosto dos usuários consistiu em quatro etapas:

- (i) Os avaliadores assistem ao vídeo e procuram por expressões faciais com base nos parâmetros de tempo de ocorrência de um fator de estresse e de tempo de ocorrência de picos eletrodermais – ambos a partir do diagrama de sequência;

- (ii) Os avaliadores capturam as expressões faciais correspondentes e as classifica em uma emoção positiva, negativa, neutra, não especificada ou surpresa. Durante a classificação o avaliador considera a situação na qual a expressão facial foi expressa;
- (iii) O avaliador compõe um formulário com as imagens capturadas e solicita que os participantes classifiquem suas próprias expressões faciais de acordo com um conjunto de emoções pré-definidas<sup>59</sup>;
- (iv) O mesmo formulário é preenchido por um psicólogo.
- (v) Ao final é possível foi feito o cruzamento das três classificações obtidas para as emoções a partir de um conjunto de expressões faciais sob três pontos de vista: dos avaliadores (que consideram a situação, o contexto), dos usuários (que conhecem suas próprias expressões e a emoção correspondente) e do psicólogo (que possuem conhecimento técnico).

#### **4.2.3. Análise dos Dados**

Seguem os resultados parciais das análises realizadas após a tabulação, ou seja, a análise feita para cada ferramenta aplicada. A apresentação está organizada de acordo com os elementos do M2CH, como segue: características do indivíduo (4.2.3.1), características da situação (4.2.3.2), estado funcional (4.2.3.3), percepção da situação (4.2.3.4), tomada de decisão (4.2.3.5) e desempenho (4.2.3.6).

##### **4.2.3.1. Características do Indivíduo**

**Perfil – POCUS:** Considerando as características gerais e físicas dos usuários, tem-se que o grupo de participantes foi composto por homens (3/7) e mulheres (4/7), pertencentes à faixa etária abrangente - entre 18 e 24 anos (3/7), entre 25 e 35 (2/7) e acima de 38 (2/7), onde a maioria (6/7) possui limitações visuais sendo portadores de lentes corretivas.

De acordo com as características profissionais, os participantes atuam no domínio acadêmico/universitário, com no mínimo nível superior em curso – graduação em curso (3/7), mestrado em curso (1/7), doutorado em curso (1/7) e doutorado concluído (2/7). Embora todo o grupo tenha participado do treinamento<sup>60</sup> relativo à ferramenta GENEPI, os participantes apresentaram níveis de conhecimento e experiência diferentes com relação ao produto, seu

---

<sup>59</sup> O usuário é informado de que pode classificar a imagem com uma emoção não fornecida no formulário.

<sup>60</sup> Treinamento abordou explicações sobre o contexto de uso de GENEPI e a tarefa realizada durante o experimento.

contexto de uso e tarefa. A fim de facilitar a compreensão dos resultados, os sete itens investigados serão agrupados em três categorias, a saber:

- I. Competência, conhecimento e experiência no produto, no sistema e na tarefa: as opiniões mostram mesmo nível de conhecimento para tarefa, produto e sistema, onde: a maioria (4/7) considera-se com nível baixo, e os demais se dividem em nível médio (1/7) e alto (2/7). Para o contexto profissional real daqueles que realizam a tarefa com o uso de GENEPI, apenas um (1/7) usuário afirma possuir alto nível, a maioria (4/7) classifica-se com nível baixo e dois participantes (2/7) assumem nível médio de conhecimento;
- II. Nível de formação e capacidade de aprender e aplicar o conhecimento: o nível de informação fornecido no treinamento foi definido como baixo por três (3/7) participantes, o restante do grupo opinou em mesma proporção (2/4) classificando o nível de formação como médio e alto. Com relação à capacidade de aprender e aplicar conhecimento adquirido, um (1/7) respondente se absteve e os demais responderam de forma igualitária: (3/6) médio e (3/6) alta; e;
- III. Nível de conhecimento de informática: foi considerado alto pela maioria (6/7) e médio para um respondente (1/7).

Para as características psicológicas, considerando os itens relacionados com o senso de julgamento das situações, a capacidade de resolução de problemas e o senso de orientação, os respondentes partilharam da mesma opinião, a saber: nível médio para maioria (4/7) de respondentes e nível alto para os demais (3/7). O mesmo aconteceu para o senso de abstração e o senso de organização e de planejamento, onde a maioria (4/7) informou possuir alto nível, enquanto que os demais (2/7) se classificaram como de nível mediano. A maioria (6/7) considera-se com alto senso de gestão de tempo, contra um (1/7) que se considera com nível mediano. Por fim, sobre a disposição para ter uma visão ampla e panorâmica de determinada situação, um (1/7) usuário não forneceu a resposta e para os demais, a maioria (4/6) considera-se com visão panorâmica média, enquanto que dois (2/6) consideram-nas altas.

**Personalidade - BF-50:** Em termos percentuais, o resultado da análise do BF-50 está demonstrado a partir do Quadro 15, no qual os valores com destaque em negrito estão acima do valor base (referência) e, portanto consistem em traços de personalidade predominantes para o referido usuário.

Quadro 15: Respostas ao BF-50 em percentual

	Usuários							Referência (%)
	01	02	03	04	05	06	07	
<b>Fator I: Extroversão</b>	64	74	30	54	50	56	70	77
<b>Fator II: Agradabilidade</b>	90	78	62	84	96	72	84	70
<b>Fator III: Consciência</b>	86	62	94	94	64	70	72	78
<b>Fator IV: Neuroticismo</b>	56	82	78	62	78	84	58	79
<b>Fator V: Intelecto e imaginação</b>	70	68	68	86	94	74	82	76

A análise coletiva dos resultados permite afirmar que: a totalidade (7/7) dos usuários não apresenta o traço de personalidade de extroversão, o que indica uma população mais reservada e passiva às situações cotidianas; a maior parte dos participantes (6/7) apresentam-se agradáveis, confiáveis, cooperativos; menos da metade (3/7) dos respondentes apresentam-se consciente o que indica organização, cautela e prudência; apenas dois (2/7) usuários apresentam o traço de personalidade de neuroticismo, onde há maior propensão à vulnerabilidade emocional, mudança de humor, ansiedade, etc.; e menos da metade (3/7) dos participantes apresentam-se aberto a novas experiências, com facilidade de pensar através de símbolos, com tendência a pensamento e ações “fora dos padrões”.

Fazendo o agrupamento dos usuários por traço de personalidade, exceto para o Fator I onde todos os usuários estiveram abaixo do valor base, tem-se no Gráfico 1 que: o traço de personalidade de agradabilidade (amabilidade) está presente para os usuários 05, 01, 04, 07 e 02 (ordem crescente); o nível de consciência destaca-se entre os usuários 03 e 04, com o mesmo valor percentual, seguido pelo usuário 01; os percentuais relativos ao neuroticismo são ultrapassados para os usuários 06 e 02, e os usuários 03 e 05 ficam a apenas um ponto percentual abaixo do valor base; por fim, para intelecto e imaginação, os usuários 05, 04 e 07 destacam-se.



**Gráfico 1: Traços de personalidade: valores base e experimentais**

Considerando os resultados médios obtidos, é interessante realizar uma análise mais cuidadosa para os usuários que apresentaram os traços de personalidade referentes aos Fatores II, III e IV. Aqueles usuários com traço de personalidade de agradabilidade podem ser propensos a fazerem julgamento positivo da experiência. Sendo assim, sugere-se que na análise da satisfação subjetiva dos mesmos (obtidas a partir do questionário Webquest) a informação sobre sua personalidade seja considerada. Para aqueles cujo traço de consciência foi identificado, é interessante considerar a capacidade de organização e planificação dos mesmos ao se analisar a qualidade dos resultados obtidos. Assim como, como sua propensão a controlar e regular os comportamentos impulsivos podem ter influenciado o seu estado emocional. A análise do estado emocional também deve ser cuidadosa para aqueles usuários que apresentaram o traço de personalidade de instabilidade emocional, devido a tendência de perceber e evidenciar as experiências negativas e serem mais susceptíveis ao estresse.

**Atenção e Concentração – D2:** no Quadro 16 tem-se os valores calculados para cada participante, a partir dos quais é possível identificar que: os usuários 06 e 02 que obtiveram o maior índice de desempenho global (297 e 295, respectivamente) foram aqueles cujo percentual de erro foi mais alto. Para o usuário 02, esse resultado pode ser justificado pelo nível de instabilidade de atenção (mais alto da amostra, com 26 pontos). Tomando como base o percentual de erro de atenção, pode-se obter uma classificação dos respondentes no tocante ao desempenho dos mesmos com base no percentual de erro de atenção. Logo, tem-se: os

usuários com níveis de atenção mais altos foram 01, 03 e 07, enquanto que os que cometeram mais erros, e, portanto, podem ser considerados menos atentos, são 04, 05, 02 e 07.

**Quadro 16: Dados coletados a partir do D2**

	Usuário						
	01	02	03	04	05	06	07
<b>GZ-F</b>	556	295	502	285	442	297	436
<b>SB</b>	5	26	14	9	22	14	11
<b>F%<sup>61</sup></b>	0,1795	5,7507	2,1442	3,0612	4,3290	8,3333	2,6785
<b>Classificação de desempenho</b>	1°	6°	2°	4°	5°	7°	3°

\* *Legenda: com base no percentual de erro de atenção*

#### 4.2.3.2. Características da situação

**Fatores de estresse:** um conjunto de fatores de estresse foi definido pela equipe de avaliação e lançados durante a realização do experimento. Fatores de estresse externos, não previstos pela equipe de avaliação, também aconteceram durante o ensaio. Todos os eventos, planejados ou não, foram registrados e categorizados em:

- (i) Informes sobre a criticidade da situação;
- (ii) Pressão temporal;
- (iii) Tentativa frustrada de comunicação;
- (iv) Demanda extra e inesperada (para os usuários de teste);
- (v) Recebimento parcial das informações solicitadas ou com erros;
- (vi) Interrupção da tarefa principal; e,
- (vii) Tempo de espera para o recebimento das informações solicitadas.

As subcategorias assim como as ocorrências para cada usuário estão descritas no Quadro 17.

A quantidade de eventos enviados pela equipe de avaliação foi definida de acordo com o nível de conhecimento declarado pelo usuário em relação à tarefa, ao produto e ao seu contexto de uso; quanto maior o nível de conhecimento do usuário, mais fatores de estresse

<sup>61</sup> Devido à formatação do quadro, os valores consideraram apenas quatro casas decimais, no entanto, os valores completos são: 0,179533214; 5,750798722; 2,144249513; 3,06122449; 4,329004329; 8,333333333; e 2,678571429.

foram enviados durante o experimento – usuários 05, 06 e 07 receberam um número maior de eventos.

**Quadro 17: Classificação dos fatores de estresse**

Categoria	Subcategoria	Usuário						
		1	2	3	4	5	6	7
<b>Criticidade da situação</b>	Ligação telefônica da prefeitura informando que a situação está se tornando mais crítica	2	0	1	2	3	2	1
<b>Pressão temporal</b>	Ligação telefônica da prefeitura informando o tempo restante para resolução do problema	0	5	1	1	1	3	1
<b>Tentativa frustrada de comunicação</b>	Telefone inoperante*	0	2	0	1	1	0	2
	Tentativa de ligação mal sucedida	0	2	1	2	4	1	4
<b>Demanda extra</b>	Falar em outra língua: inglês/francês	0	0	0	0	5	2	1
<b>Recebimento de Informações</b>	Informações erradas	2	1	3	3	4	1	3
	Informações ausentes (faltantes)	0	0	4	0	0	1	0
<b>Interrupção da tarefa principal</b>	Recebimento de fax (durante ligação)	2	1	0	1	8	2	2
	Ligação telefônica externa*	0	0	0	1	1	1	0
	Ligação em segundo telefone	0	0	0	3	4	1	0
	Recebimento de SMS *	0	0	0	0	0	1	0
	Chegada de uma pessoa*	1	0	1	0	0	0	1
<b>Tempo de espera</b>	Demora para o recebimento das informações solicitadas	3	0	0	1	0	0	1
<b>Total de eventos</b>		<b>10</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>31</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
<b>Total de eventos programados pela equipe de avaliação</b>		<b>9</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>29</b>	<b>13</b>	<b>13</b>

\* *Legenda: Externo à equipe de avaliação – evento não programado*

**Usabilidade:** o questionário *Webquest* foi adaptado com a supressão dos itens relativos à documentação (mecanismos de ajuda) por GENEPI não dispor desses recursos. O questionário resultante foi composto por dez (10) itens relativos à navegação e utilização e oito (08) itens relativos à relação estabelecida entre o usuário e o produto (GENEPI).

No formato original, *Webquest* dispõe, para cada questão, um item associado que corresponde ao nível de importância que o respondente atribui àquela questão. Logo, o cálculo do índice inicial de satisfação consiste no  $\sum (\text{resposta}) \cdot \text{importância}$ . O índice de satisfação alcançado é, então, normalizado a partir da divisão do índice\_inicial pelo número de fatores significantes identificados (questões não nulas) multiplicadas pelo valor máximo

presente na escala numérica (no caso, 2): Logo, o  $\text{índice\_final} = \text{índice\_inicial}/(\text{fatores significantes} * 2)$ .

Considerando que o grande volume de questionários aplicados nesse estudo, o nível de importância de cada questão foi suprimido do *Webquest*. O cálculo do índice de satisfação passa a ser feito três vezes, considerando os níveis de importância mínimo (0.1), médio (0.55) e máximo (1). Em seguida os resultados alcançados devem ser comparados a fim de identificar onde cada um dos índices se encaixa na faixa de satisfação subjetiva.

Os três cálculos resultaram em:  $\text{Índice\_Inicial\_Mínimo} = -2$ ;  $\text{Índice\_Inicial\_Médio} = -11$  e  $\text{Índice\_Inicial\_Máximo} = -20$ . Para o cálculo da normalização identificou-se, um total de 85 questões que foram respondidas, cujos valores numéricos associados à escala textual diferiam de zero. Ou seja, os fatores significantes eram 85. Logo, após a normalização, tem-se:  $\text{Índice\_Inicial\_Mínimo} = -0,011764706$ ;  $\text{Índice\_Inicial\_Médio} = -0,064705882$ ; e  $\text{Índice\_Inicial\_Máximo} = -0,117647059$ . Independente de utilizarmos os níveis de importância mínimo, médio ou máximo, ao calcular o índice de satisfação subjetiva, os três valores obtidos pertencem ao mesmo intervalo, onde os usuários são classificados como pouco insatisfeito, o que reflete em um nível de usabilidade pouco baixo.

Considerando a satisfação subjetiva individual por usuário (Quadro 18) a maioria (5/7) apresentou índices de satisfação negativos e pertencentes a faixa de valores que indica pouca insatisfação, onde os mais insatisfeitos são os usuários 07, 02, 03, 04 e 01, ordem decrescente. Aos usuários cuja satisfação foi positiva (05 e 06), a classificação se caracteriza como de bastante satisfeito – destaque em **negrito**.

**Quadro 18: Índice de satisfação do usuário e classificação associada**

	Usuário						
	01	02	03	04	05	06	07
<b>Índice</b>	-0,068	-0,175	-0,171	-0,126	<b>0,488</b>	<b>0,412</b>	-0,240
<b>Classificação</b>	Pouco Insatisfeito	Pouco Insatisfeito	Pouco Insatisfeito	Pouco Insatisfeito	Bastante Satisfeito	Bastante Satisfeito	Pouco Insatisfeito

No Gráfico 2 são apresentadas as respostas dos usuários para seis das dez questões relativas a navegação e ao uso de GENEPI. A análise permite afirmar que a ferramenta é de fácil utilização no tocante à navegação pelas janelas, abas, menus e listas de informações disponíveis. Para a questão 3, a maioria (4/7) classificou o item como fácil; e para a questão 5, a maioria definiu o item como muito fácil. A dificuldade em distinguir os campos obrigatórios

e facultativos no preenchimento de GENEPI (questão 6) foi expressa de forma unânime, cujo rótulo de muito difícil foi atribuído por quatro (4/7) usuários, e difícil por dois (2/7), havendo a abstenção de um (1/7) respondente. Para as três últimas questões exploradas (7, 9 e 10) é possível perceber uma divisão de opinião entre os usuários, onde: considerando duas abstenções (2/7), tem-se que dois (2/5) consideram muito fácil o uso de GENEPI para situar-se na tarefa contra três (3/5) usuários que consideram o mesmo item difícil; para 3 abstenções (3/7), metade dos respondentes (2/4) considerou muito fácil a compreensão e lembrança dos termos adotados na interface contra a outra metade (2/4) que considerou-o difícil; e para duas abstenções (2/7), três (3/5) usuários afirmaram que o processo de entrada e saída de dados é difícil, contra dois (2/5) que consideraram fácil e muito fácil, cada um.

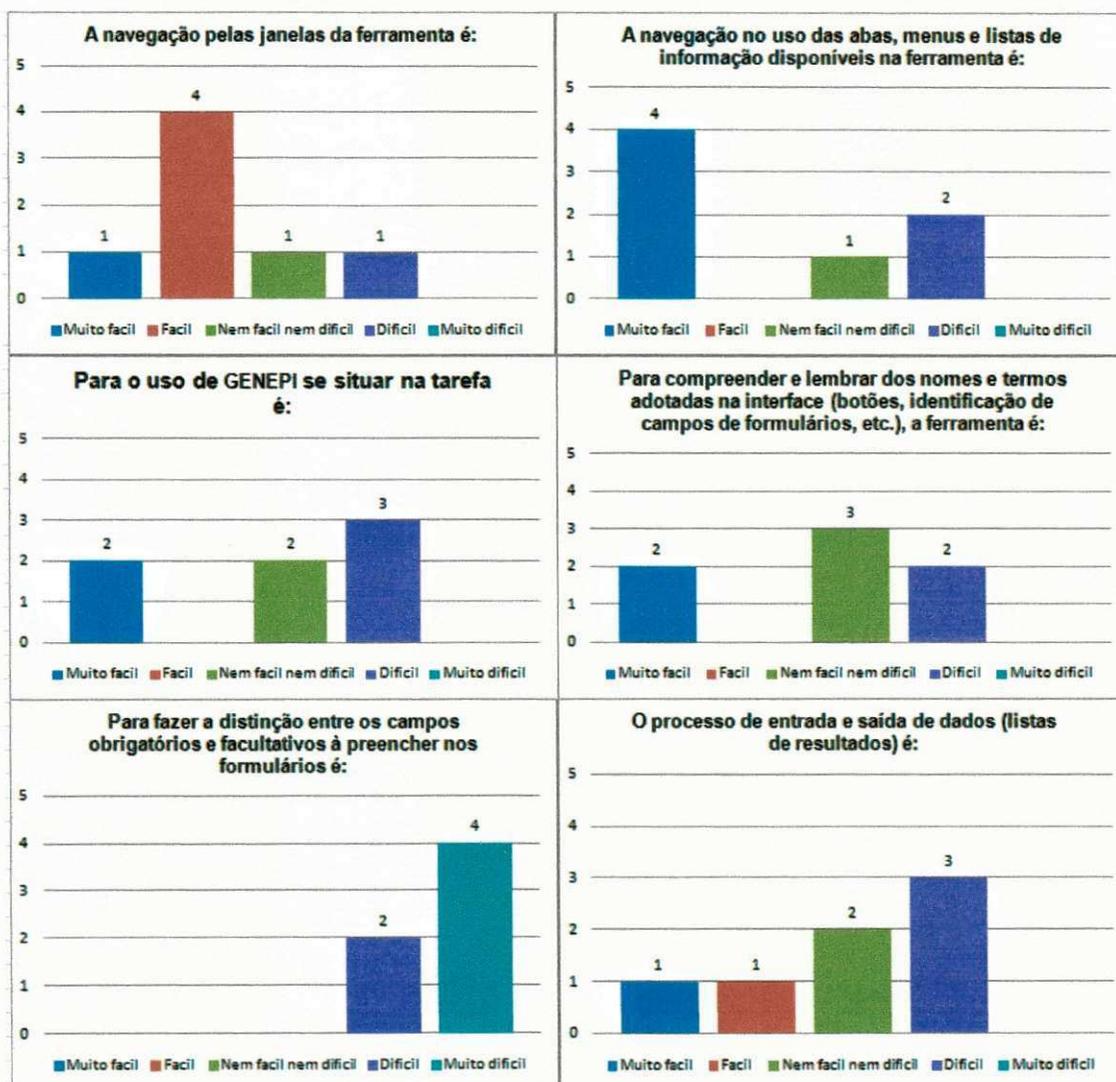
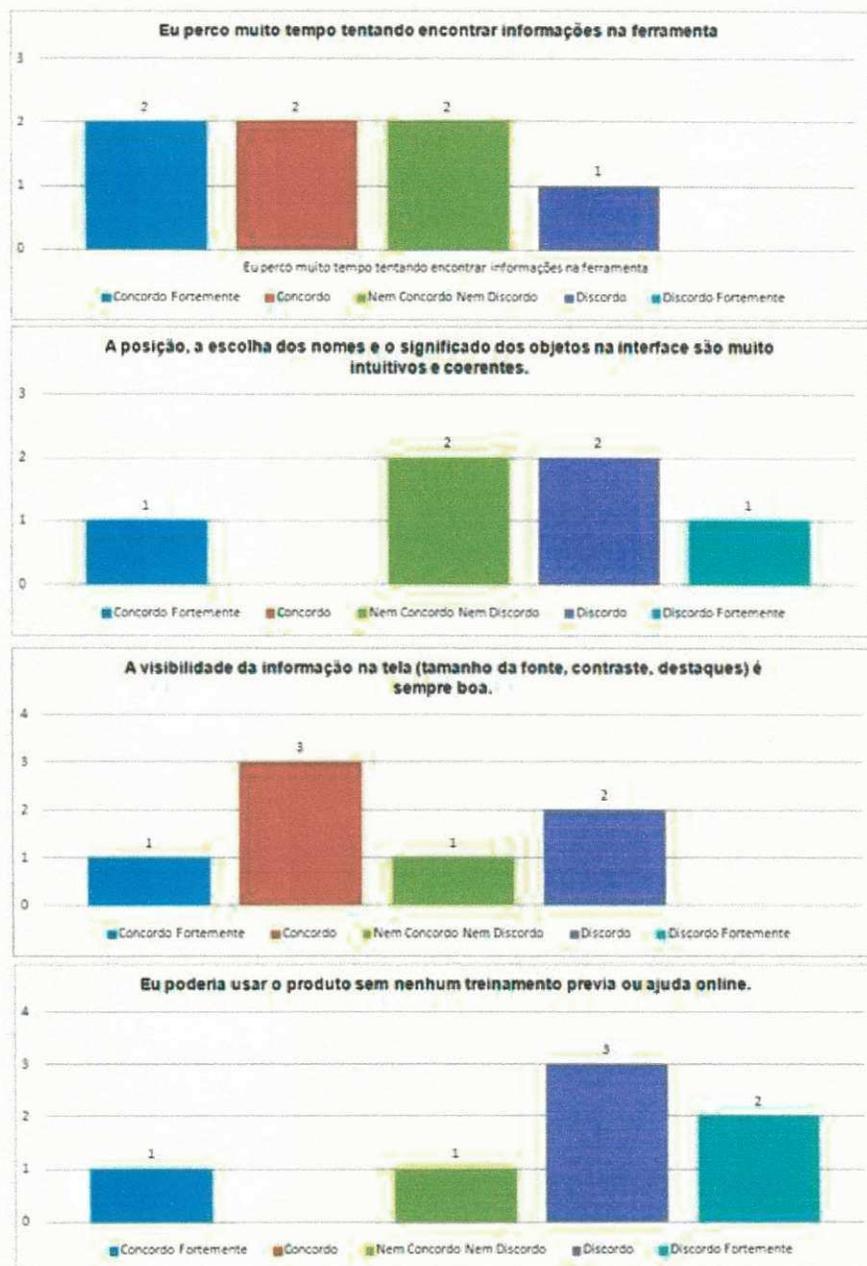


Gráfico 2: Webquest – Parte 1: Navegação e uso de GENEPI

Para a segunda parte do questionário, relação estabelecida entre o usuário e o produto, as questões cujas respostas foram consideradas relevantes para a discussão encontram-se no Gráfico 3.

Percebe-se que a maioria dos usuários (5/7) discorda (2/5 fortemente) de que GENEPI possa ser utilizado sem que haja treinamento ou que disponha de ajuda online (questão 16). A maioria (4/7) concorda (1/4 fortemente) com a visibilidade da informação adotada pela ferramenta (questão 15), contra minoria (2/7), considerando uma abstinência. Com relação à coerência dos termos utilizados na interface, um (1/7) usuário não forneceu resposta. Dentre os demais, dois (2/6) permaneceram com resposta neutra, a maioria (3/4) discordou da coerência (1/3 fortemente). No tocante ao tempo empenhado na busca por informação, considerando duas abstenções (2/7), a maioria (4/5) afirma ter perdido tempo tentando procurar as informações em GENEPI.



**Gráfico 3: Webquest – Parte 2: Usuário e o produto**

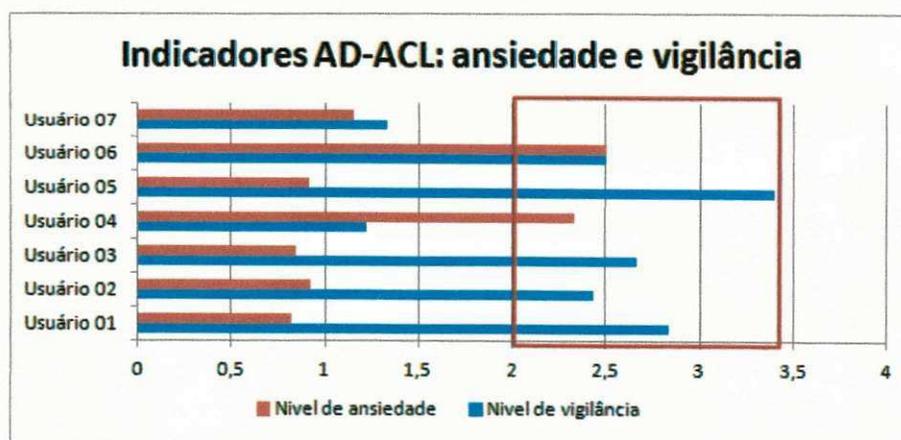
#### 4.2.3.3. Estado funcional do individuo

**Alerta e Ansiedade – AD-ACL:** analisando o Quadro 19, tem-se que para a ativação geral (GA) todos (7/7) os usuários excederam a média, e um deles (usuário 06) atingiu o valor máximo. Logo, é possível afirmar que os usuários estiveram alerta e despendendo um alto nível de energia na atividade realizada. De forma coerente, o nível de inatividade/sonolência (DS) foi abaixo da média para todos (7/7) os participantes, onde aquele que mais se aproximou da média (usuário 07) atingiu 12 pontos. Considerando a dimensão de alta ativação (HA), três (3/7) respondentes apresentaram pontuação acima da média (06, 07 e 04) o que sugere, em geral, que estes não estavam tensos durante o experimento. Para o nível de inatividade geral (GD) tem-se que a pontuação máxima atingida foi de 13 pontos por três usuários (3/7) (02,03 e 07). A proximidade das pontuações dos usuários à média pode sugerir que o grupo de participantes manteve um nível mediano de tranquilidade durante a situação vivenciada.

**Quadro 19: Pontuação dos usuários as dimensões que compõe o AD-ACL**

	Usuário						
	01	02	03	04	05	06	07
<b>Ativação Geral (GA)</b>	17	17	16	11	17	20	16
<b>Inatividade/Sonolência (DS)</b>	6	7	6	9	5	8	12
<b>Alta Ativação (HA)</b>	9	12	11	14	11	15	15
<b>Inatividade Geral (GD)</b>	11	13	13	6	12	6	13

Os valores calculados para os níveis de vigilância e ansiedade estão representados no Gráfico 4, a partir dos quais percebe-se que a maioria (5/7) dos usuários esteve ativo e vigilante durante a realização da tarefa. No entanto, não se identifica sinais significativos de ansiedade. O maior nível de ansiedade (2,5 pontos) está associado ao usuário 06, seguido pelo usuário 04, com 2,4 pontos. Os demais participantes (5/7) mantiveram-se abaixo dos 2 pontos. Para a vigilância, tem-se, de forma decrescente, usuário 05, 01, 03, 06 e 02, que ultrapassaram os dois pontos da escala de identificação de significância para o índice. Apenas os usuários 07 e 04, mantiveram-se abaixo de dois pontos.



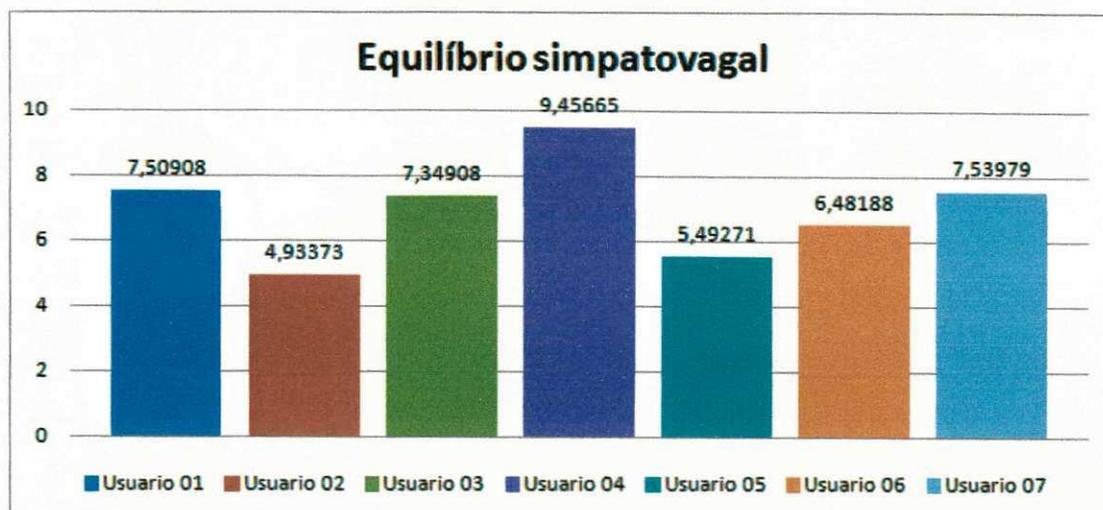
**Gráfico 4: Níveis de vigilância e ansiedade a partir de AD-ACL**

**Frequência cardíaca – BIOPAC:** Os valores mensurados para cada usuário de teste relativos a baixa e alta frequência cardíaca estão presentes no Quadro 20. A partir desses dados calculou-se o equilíbrio simpatovagal (baixa frequência/alta frequência) apresentado no Gráfico 5.

**Quadro 20: Variação da frequência cardíaca: baixa frequência e alta frequência**

	Usuário						
	01	02	03	04	05	06	07
<b>Baixa-frequência</b>	<b>0,42962</b>	0,534009	<b>0,434678</b>	<b>0,802156</b>	0,846811	0,946595	<b>0,871809</b>
<b>Alta-frequência</b>	<b>0,05721</b>	0,108236	<b>0,0591473</b>	<b>0,0848245</b>	0,15417	0,146037	<b>0,115628</b>

É possível observar que o índice adotado como indicador do grau de ansiedade (maior que 6,94) esteve presente para quatro (4/7) usuários (01, 03, 04 e 07), onde o mais elevado foi demonstrado para o usuário 04.



**Gráfico 5: Equilíbrio simpatovagal caracterizando a ansiedade**

#### 4.2.3.4. Percepção da situação

**Carga de trabalho/ NASA-TLX:** Considerando a carga de trabalho geral (Gráfico 6), quatro (4/7) dos usuários se mantiveram no limiar entre a carga de trabalho excessiva e não excessiva (usuário 05, 03, 01 e 07). Do restante, três (3/7) indicaram carga de trabalho excessiva, de forma crescente: usuário 06, 02 e 04.

A fim de investigar quais das dimensões mais contribuíram para a elevação da carga de trabalho do usuário, o Gráfico 6 é expandindo, e no Gráfico 7, é possível observar as informações detalhadas da composição da carga de trabalho para cada usuário. Observando os usuários que atingiram carga de trabalho excessiva (destaque com quadro), identificou-se que: para o usuário 04 as dimensões mais fortes foram: a demanda temporal e a frustração (19 pontos) e demanda mental (17 pontos); para o usuário 02, demanda mental (16 pontos) e o esforço (14 pontos); e para o usuário 06, demanda mental e desempenho, com 18 e 16 pontos, respectivamente. É perceptível, a partir da amostra, que a demanda mental apresentou-se de forma mais frequente na composição da carga de trabalho geral.

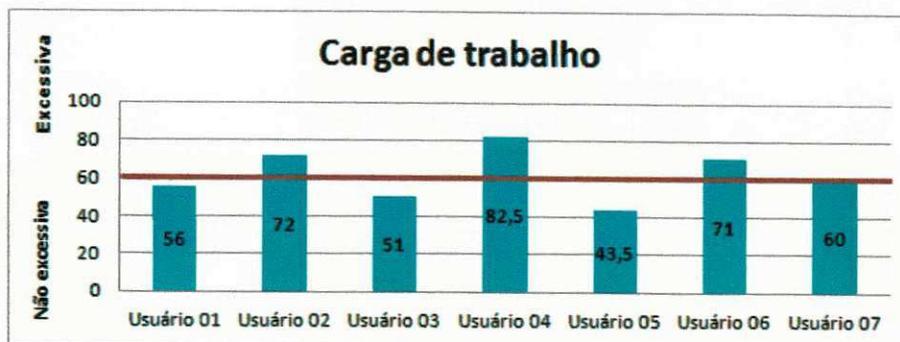


Gráfico 6: Carga de trabalho global por usuário de teste

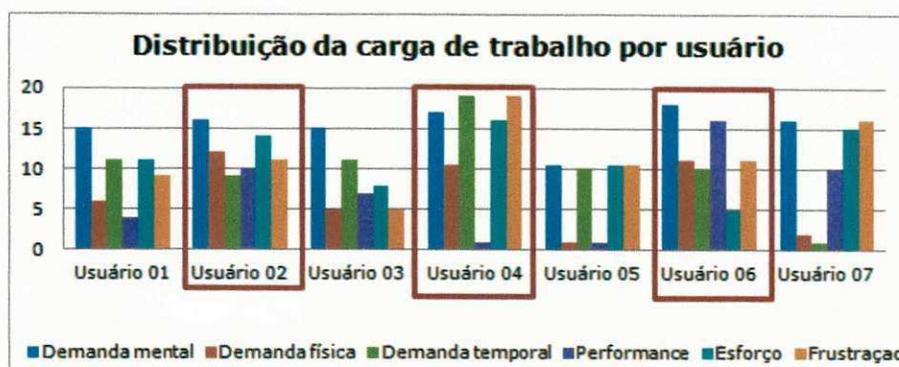
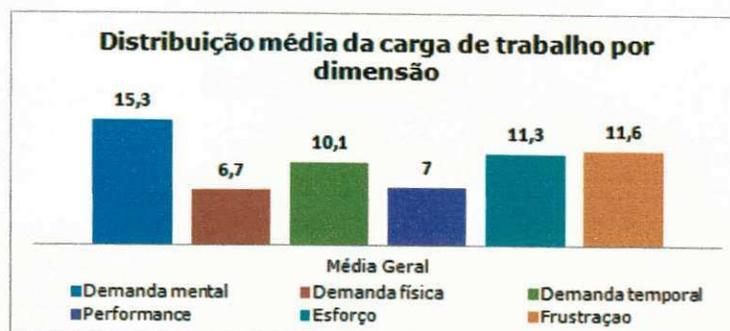


Gráfico 7: Distribuição da carga de trabalho global por dimensão

A fim de melhor definir qual dimensão mais contribuiu, de forma geral, na composição da carga de trabalho, calculou-se o valor médio definido pelos usuários para cada uma das dimensões (Gráfico 8). Como resultado, tem-se a classificação: 1º demanda mental, 2º frustração, 3º esforço, 4º demanda temporal, 5º *performance* (desempenho) e 6º demanda física. Logo, a tarefa a ser realizada durante a sessão de teste demanda uma carga mental (portanto, carga cognitiva) elevada, o que levou os usuários a demonstrarem uma carga de frustração marcante.



**Gráfico 8: Distribuição média das dimensões de carga de trabalho**

Nesse caso, a carga mental (cognitiva) pode ser associada à ocorrência de eventos relativos aos fatores de estresse ocorridos na realização da tarefa. A frustração pode estar associada à qualidade dos resultados alcançados, principalmente ao estado de realização da tarefa (nenhum usuário obteve sucesso pleno), em considerando o esforço e a demanda temporal exigida (a maioria dos usuários – 6/7 – excedeu o tempo estimado para realização da tarefa). A frustração e o esforço percebidos também podem ser relacionados aos traços de personalidade dos participantes.

**Carga de Trabalho / EDA:** Normalmente os experimentos que se utilizam das respostas eletrodermais na coleta de dados, descartam os picos que não sofrem variação de pelo menos 0.02 ou 0.05 pontos em sua amplitude. Geralmente se trata de um estudo particular associado a um estímulo único e específico (uso de imagens ou trechos de vídeos) a fim de identificar como o participante reage ao estresse. Considerando o nosso estudo, o registro dos picos envolve inúmeras variáveis (e não um estímulo específico), não sendo possível afirmar que os picos estão associados, unicamente, à carga de trabalho. Logo, a estratégia adotada consistiu em associar os picos identificados (independente da amplitude) à situação (eventos, fatores de estresse, etc.) ocorrida naquele momento, a fim de interpretar a causa das variações. Neste caso, considera-se que quanto maior é a ocorrência de picos, maior é a possibilidade de que a carga de trabalho a qual o participante está submetido seja percebida. No entanto, é importante afirmar que essas informações devem ser confrontadas com aquelas extraídas a partir do questionário NASA-TLX, assim como relativizadas de acordo com os traços de personalidade do participante (BF-50). No Quadro 21 tem-se o número de ocorrências de picos, por usuário de teste, a partir do qual é possível identificar aqueles com menor ocorrência de variações eletrodermais (usuário 07 e 03) e aqueles com maior (usuários 05, 06 e 01).

**Quadro 21: Número de picos eletrodermais**

	Usuário						
	01	02	03	04	05	06	07
<b>Número de picos</b>	41	62	25	29	65	38	23

**Estado Emocional / SAM :** No Quadro 22 têm-se os valores de resposta ao SAM que permitem realizar a análise isolada das dimensões, onde: para dois usuários de teste (2/7) as emoções foram negativas, para outros dois (2/7) as emoções foram positivas, e para três deles (3/7) têm-se neutralidade quanto à valência das emoções. A intensidade foi considerada em seu índice máximo para três (3/7) respondentes (02, 05 e 06) e três (3/7) usuários se sentiram dominados, controlados ou submissos pela situação (04, 06 e 07).

**Quadro 22: Quantificação das respostas dos usuários de teste ao SAM**

	Usuário						
	01	02	03	04	05	06	07
<b>Valência</b>	2	0	0	0	2	-2	-2
<b>Intensidade</b>	7	9	7	5	9	9	7
<b>Dominância</b>	3	5	3	9	3	7	7

Independentemente da emoção ser positiva, neutra ou negativa, é importante identificar quando a intensidade é alta e o indivíduo se sente dominado pela situação. Com o cálculo, o resultado obtido para os usuários de teste 02, 03 e 04 foram definidos como nulos pois a emoção identificada por estes foi neutra. Para os usuários 01 e 05, os valores alcançados foram de 20 e 24 pontos, respectivamente, e para os usuários 06 e 07, -32 e -28, respectivamente. Pode-se observar, portanto, desconsiderando os índices nulos (3/7), metade dos respondentes (2/4) apresentaram emoções negativas e a outra metade (2/4) emoções positivas, no entanto, os índices de emoções negativas foram superiores aos relativos às emoções positivas.

**Estado emocional/GEW:** A partir da análise dos dados coletados com GEW é possível identificar quais emoções estiveram mais presentes entre os participantes do experimento, considerando a intensidade de cada uma (Quadro 23). Tem-se que emoções negativas foram identificadas para a maioria dos respondentes (5/7), onde dois usuários apresentaram índice -9

e três apresentaram índice de -4. Os usuários 01 e 04, apresentaram índices positivos de 3 e 9, respectivamente.

**Quadro 23: Pontuação dos usuários às questões presentes no GEW**

	Usuários						
	01	02	03	04	05	06	07
<b>Somatório das respostas de GEW</b>	3	-4	-4	9	-4	-9	-9

**Estado Emocional - Expressões faciais (análise dos vídeos):** No Quadro 24 estão listadas as ocorrências de emoções positivas, negativas, neutras, indeterminadas e surpresa, para cada sessão de teste, considerando a classificação feita pelo avaliador, pelo próprio usuário de teste e pelo psicólogo. O usuário de teste 02 não forneceu a classificação para suas expressões faciais, ficando a análise restrita ao avaliador e psicólogo. Em negrito o destaque para a classe de emoções que obteve maior número de ocorrência segundo cada um dos examinadores, a partir da qual é possível identificar convergência e divergências de opiniões (destaque em rachadura para as convergências).

A opinião dos três examinadores é convergente para três (03/07) sessões de teste, onde as emoções mais recorrentes foram àquelas negativas (sessões 04 e 07) e positivas (sessão 05). Houve convergência entre as opiniões do avaliador e do psicólogo para duas (02/07) sessões de teste, onde as emoções negativas foram indicadas como as mais recorrentes. Em ambas as sessões (01 e 03) os usuários de teste indicaram as emoções neutras como aquelas mais presentes nas expressões faciais analisadas. Para a sessão de teste 06, o avaliador e o usuário tiveram opiniões convergentes, apontando para a ocorrência de mais emoções negativas no experimento, enquanto que o psicólogo indicou as emoções positivas. Por fim, a sessão de teste 02, apresenta divergência entre a classificação feita pelo avaliador e pelo psicólogo, sendo negativa para o primeiro e positiva para o segundo. O usuário de teste não forneceu sua análise para que pudesse ser confrontada com as demais.

Quadro 24: Classificação das expressões faciais enquanto emoções

Classificador	Sessões de teste											
	01			02			03			04		
	A	U	P	A	U	P	A	U	P	A	U	P
Positivas	10	7	12	5	-	10	6	5	8	6	6	4
Negativas	14	3	14	11	-	9	14	4	10	30	30	26
Neutras	2	19	4	3	-	3	4	12	4	1	0	7
Indeterminadas	2	1	0	1	-	0	0	0	0	0	0	0
Surpresa	2	0	0	2	-	1	0	3	2	3	4	3
Total	30			22			24			40		

Classificador	Sessões de teste								
	05			06			07		
	A	U	P	A	U	P	A	U	P
Positivas	22	22	14	13	13	24	5	11	8
Negativas	9	9	6	18	22	11	23	23	20
Neutras	2	1	10	1	0	1	1	0	3
Indeterminadas	0	1	0	2	1	0	3	0	0
Surpresa	2	2	4	5	3	3	4	2	4
Total	35			39			36		

Legenda: A = Avaliador; U = Usuário de teste; P = Psicólogo.

A convergência e a divergência de opiniões entre os examinadores estão expressas a partir do Gráfico 9. O cálculo do valor médio obtido a partir da classificação feita pelos avaliadores e usuários de teste deu origem ao Gráfico 10, através do qual é possível visualizar o valor médio, em percentual, das expressões faciais classificadas como emoções positivas, neutras, negativas, indeterminadas ou surpresa.

Cinco usuários (5/7) tiveram maior presença (valor médio percentual) de emoções negativas associadas às suas expressões faciais. Destes, três (3/5), apresentam mais de 10 pontos percentuais de diferença entre a emoção predominante e a subsequente, foram estes os usuários 7 (62%), 2 (45%) 3 (39%). Os usuários 1 e 6, embora tenham apresentado como dominante a emoção negativa (35% e 44%, respectivamente), a emoção seguinte, positiva, esteve apenas a alguns pontos percentuais de distância da primeira colocada (32% e 43%, respectivamente). Um único (1/7) usuário de teste mostrou predominância da emoção positiva, usuário 5 com 56%.

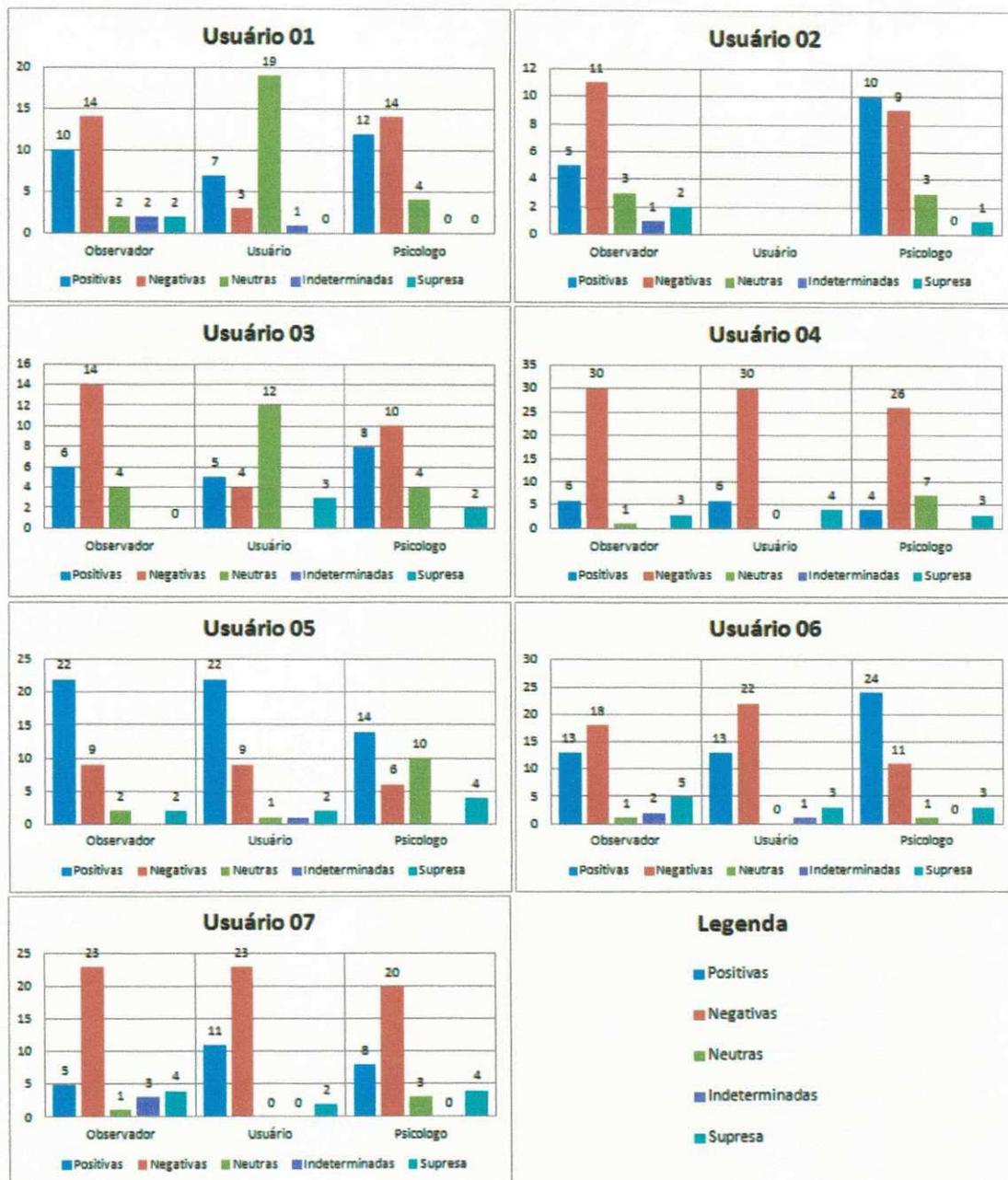
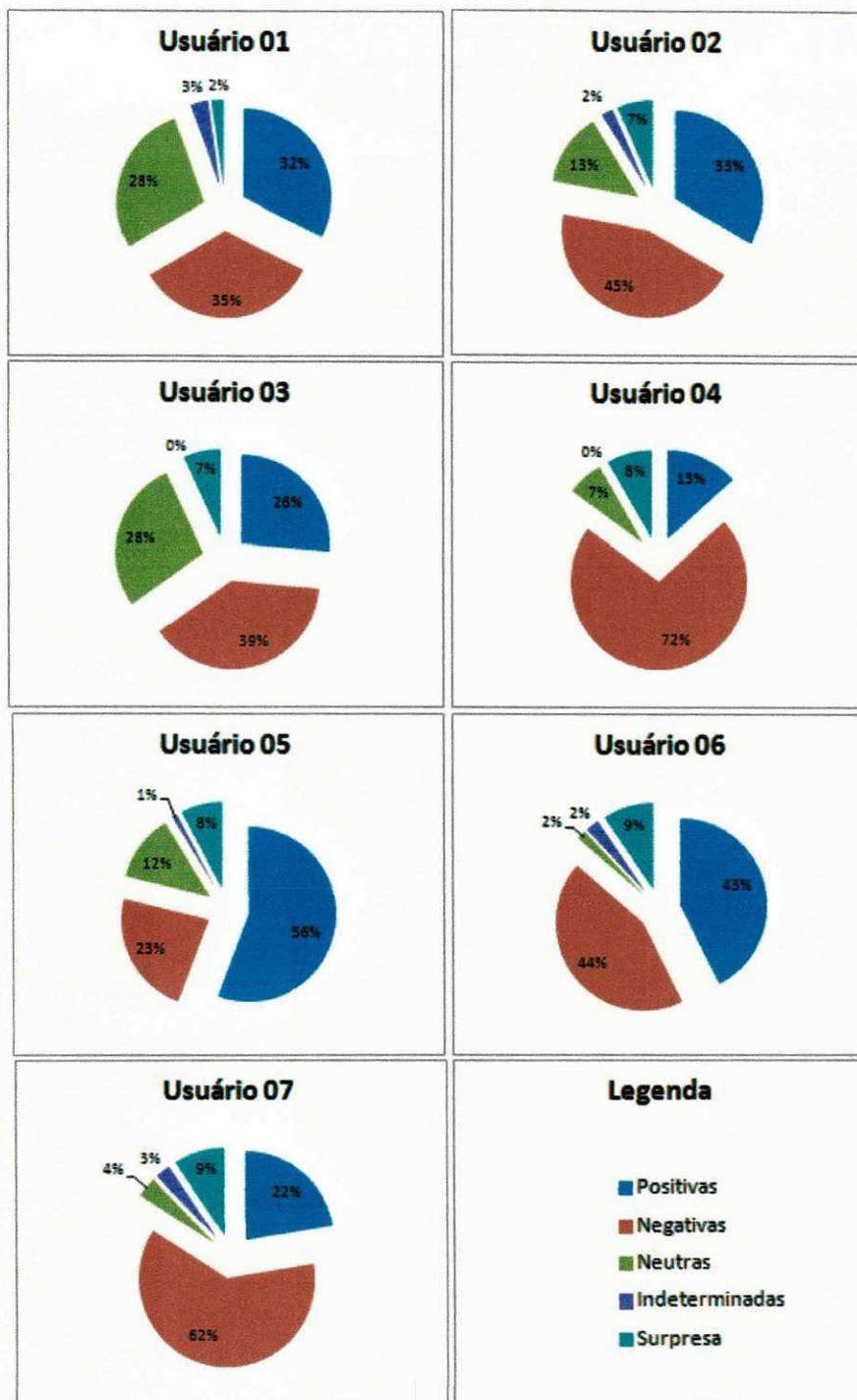


Gráfico 9: Classificação pelos avaliadores e pelos usuários de teste



**Gráfico 10: Valor médio, em percentual, da classificação das expressões faciais**

**Estado Emocional/EmotAix:** No Quadro 25 tem-se a quantificação das ocorrências de emoções positivas, negativas, não específicas e surpresa, considerando tanto o senso próprio quanto figurado.

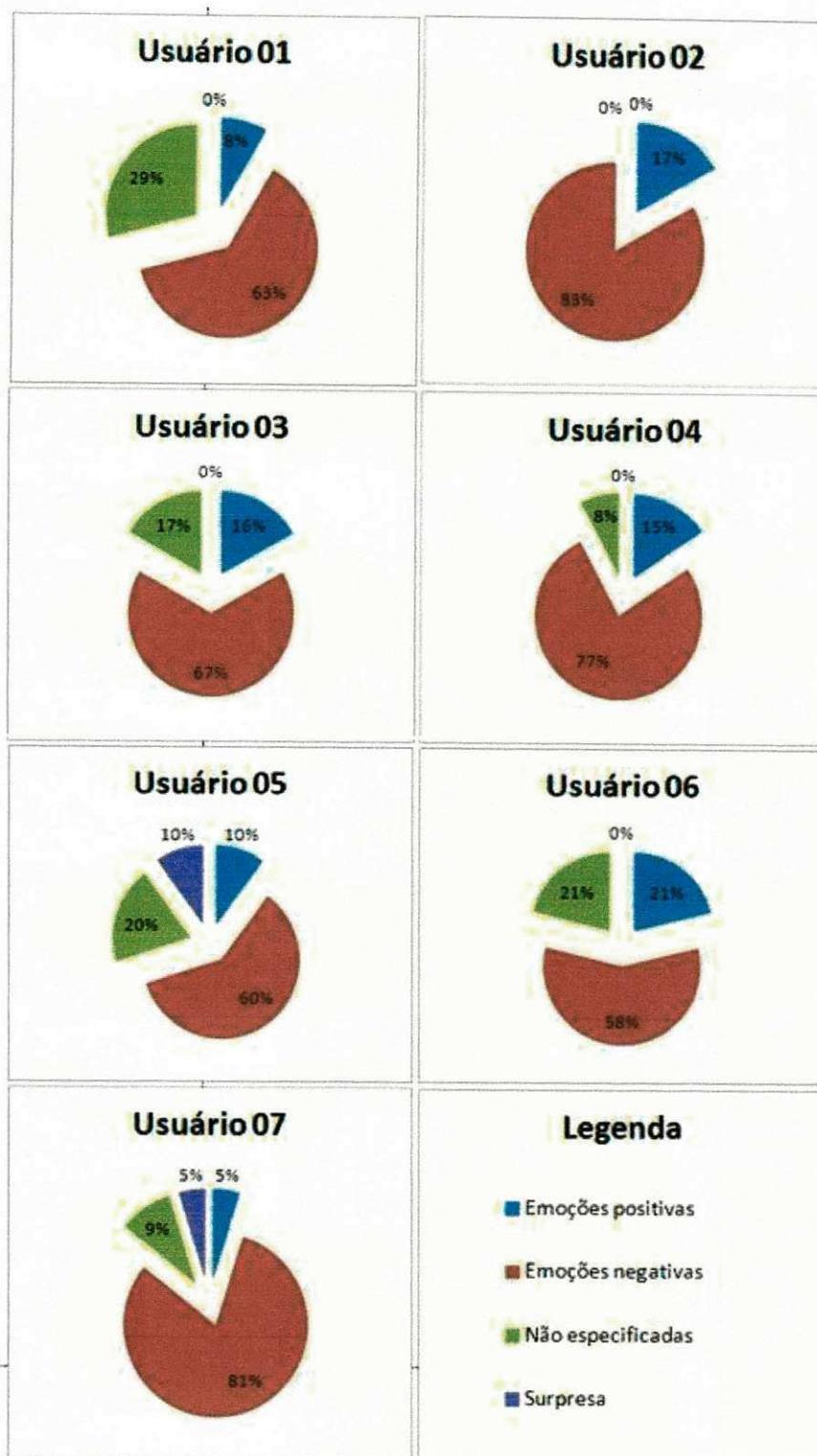
**Quadro 25: Quantificação das emoções identificadas com a análise do discurso**

Emoções/Senso	Usuário													
	01		02		03		04		05		06		07	
	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>
Emoções positivas	1	1	1	0	1	1	2	0	2	0	7	0	1	0
Emoções negativas	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>5</b>
Não específicas	4	3	0	0	2	0	0	1	4	0	3	4	0	2
Surpresa	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0

*Legenda: P = Senso Próprio; F = Senso Figurado.*

Percebe-se que para todos (7/7) os usuários de teste a emoção mais presente no discurso da entrevista pós-teste consiste naquelas negativas (destaque em **negrito**) – o somatório das emoções negativas no senso próprio e figurado são superiores aos somatórios para as outras emoções.

A partir do Gráfico 11 é possível observar que o usuário que mais apresentou emoções negativas em seu discurso foi o usuário 2 (83%) seguido pelos usuários 7 (81%), 4 (77%), 3 (67%), 1 (63%), 5 (60%) e, por fim o usuário 6 (58%). O participante que mais expressou verbalmente emoções positivas foi o usuário 6 (21%).



**Gráfico 11: Valor percentual das emoções identificadas pelo EmotAix**

#### 4.2.3.5. Tomada de decisão

**GAQ:** Considerando o somatório das respostas dos usuários aos objetos de SECs, é possível observar, a partir do Gráfico 12, que:

- (i) A experiência vivenciada foi de alta relevância para a maioria (6/7) dos usuários de teste. Sendo o índice mais alto (11 pontos), identificado para quatro de seis usuários (4/6) – usuários 02, 03, 04 e 06;
- (ii) As consequências da situação foram definidas como tendo altas implicações para quase metade (3/7) dos participantes – usuários 07, 02 e 03. Um dos usuários (1/4), o usuário 06, fica a apenas meio ponto para atingir o valor base. Logo, pode-se considerar que para este as implicações também se aproximam da marca relevante;
- (iii) O potencial de enfrentamento foi considerado baixo para a maioria (6/7) dos respondentes (usuários 04, 05, 07, 01 03 e 06). Sendo abaixo do esperado apenas para o usuário 02; (iv) a compatibilidade com normas e padrões também foi identificada como baixa para a maioria dos usuários (6/7). Apenas o usuário de teste 06 apresentou respostas que levam a entender que a situação vivenciada está compatível com as normas e padrões.

De uma maneira geral é possível afirmar que a situação foi considerada como extrema para os participantes do experimento, onde foi vivenciada a ocorrência de um evento com alta relevância e alta implicação, no entanto, um baixo potencial de enfrentamento e baixa compatibilidade com normas e padrões.

A partir do Quadro 26, conclui-se que a experiência foi considerada negativa para a maioria (5/7) dos usuários de teste, atingindo a intensidade máxima para dois destes (2/5). As emoções indicadas pelos respondentes foram: ansiedade e irritação para os usuários 04 e 05 (valência com intensidade máxima; -4); irritação para o usuário 03; ansiedade e tristeza para os usuários 02 e 06. Para os respondentes cuja valência foi positiva, as emoções associadas foram surpresa e prazer, para os usuários 03 e 01, respectivamente.

O ultimo aspecto investigado consiste na tentativa do usuário minimizar ou mascarar sua sensação durante a experiência, cuja escala pode variar entre 2 e 10 (Gráfico 13). Independente da valência positiva ou negativa, todos os usuários de teste indicaram tentar reduzir a intensidade e a duração do episódio emocional, assim como de controlar ou mascarar os sentimentos.

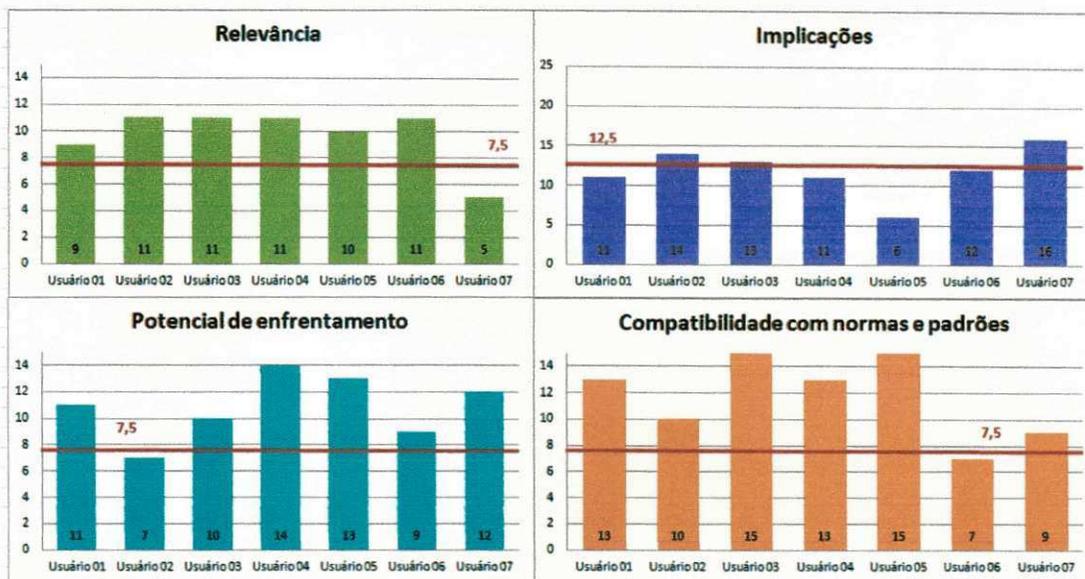


Gráfico 12: Objetos de SECs para o GAQ - respostas dos usuários de teste

Quadro 26: Pontuação dos usuários às questões presentes no GAQ

	Usuário						
	01	02	03	04	05	06	07
<b>Valência</b>	2	-1	3	-4	-4	-1	-3
<b>Emoção</b>	Prazer	Tristeza	Surpresa	Ansiedade	Irritação	Ansiedade	Irritação

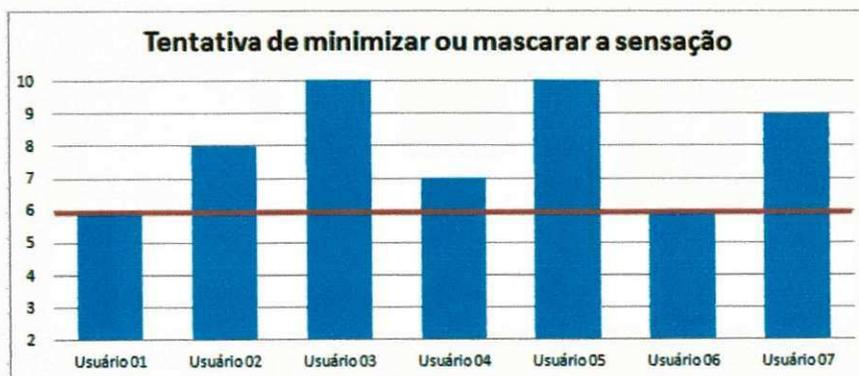


Gráfico 13: Tentativa de minimizar ou mascarar a sensação vivenciada

**CognitAix:** As entrevistas pós-teste foram transcritas e processadas a partir de *CognitAix*, que apresentou como resultado os valores percentuais do bom funcionamento cognitivo e de disfunção cognitiva para cada usuário de teste (Quadro 27):

**Quadro 27: Bom funcionamento cognitivo e disfunção cognitiva**

	Usuário						
	01	02	03	04	05	06	07
<b>Bom funcionamento cognitivo (%)</b>	78,13	<b>100,00</b>	84,21	<b>86,84</b>	69,57	77,78	77,27
<b>Disfunção cognitiva (%)</b>	<b>21,88</b>	0,00	15,79	13,16	<b>30,43</b>	<b>22,22</b>	<b>22,73</b>

Embora se tenha identificado percentuais de disfunção cognitiva para a maioria (6/7) dos usuários de teste, os valores não são significativos para comprometer o bom funcionamento cognitivo dos indivíduos. Os participantes cujo discurso verbal da entrevista pós-teste demonstrou melhor funcionamento cognitivo foram os usuários de teste 02 (100%) e 04 (83,84%), enquanto que aqueles que demonstraram maior nível de disfunção cognitiva foram os usuários 05 (30,43%), 07 (22,73%), 06 (22,22%) e 01 (21,88%) – destaque em **negrito**.

#### 4.2.3.6. Desempenho

**Tempo de realização da tarefa:** A tarefa a ser realizada durante o experimento foi alocada em dois cenários diferentes. Para o cenário guiado, cuja tarefa foi descrita com alto nível de detalhamento, estimou-se 30 minutos. Enquanto que para o cenário livre, cuja tarefa foi descrita com baixo nível de detalhamento, estimou-se 40 minutos. No Quadro 28 tem-se, por usuário de teste, o tempo de realização da tarefa e o tempo excedente de acordo com os cenários. O destaque em **negrito** refere-se aos menores tempos para a linha de tempo real e aos maiores tempos excedentes.

Quadro 28: Tempo estimado versus tempo real para realização da tarefa

		Usuário						
		01	02	03	04	05	06	07
Tempo	Cenário	Livre	Guiado	Guiado	Guiado	Livre	Livre	Guiado
	Estimado	40'	30'	30'	30'	40'	40'	30'
	Real	29'32''	41'24''	32'58''	33'01''	43'34''	51'08''	34'18''
	Excedente	-	11'24''	2'58''	3'01''	3'34''	11'08''	4'18''

Legenda: Tempo: minutos: ' ; segundos: ''.

Considerando que, independente do cenário (livre ou guiado) a maioria (6/7) dos usuários excedeu o tempo previsto, é possível afirmar, que houve uma má estimativa para o tempo de realização da tarefa de teste. Mesmo considerando o agrupamento por cenários, não é possível identificar relação entre o tipo de cenário e o término da tarefa no tempo previsto. Logo, pode-se afirmar que, em relação ao tempo de realização da tarefa, sendo os cenários equivalentes, mesmo possuindo níveis de detalhamento distintos para os procedimentos a serem seguidos pelo usuário de teste. Esta afirmativa pode ser evidenciada a partir da pouca diferença entre o valor médio de tempo excedido pelos usuários dos dois cenários: cenário guiado corresponde a 5'35'', enquanto que para o cenário livre é de 5'20''. Para o cenário guiado, todos (4/4) os usuários extrapolaram o tempo estimado e para o livre, apenas um (1/3) finalizou a tarefa antes do tempo previsto.

**Estado de finalização da tarefa:** O objetivo final de realização da tarefa consistiu em gerar um plano de intervenção para minimizar o impacto de uma situação de acidente marítimo (fictício). Considera-se, portanto, que a tarefa é finalizada quando um plano de intervenção correto é gerado. O preenchimento errôneo de algum dos campos de GENEPI compromete a geração do plano de intervenção, logo, nesse caso, a tarefa é finalizada, porém com falha. O não preenchimento de pelo menos um dos campos de GENEPI impossibilita a geração do plano de intervenção, sendo nesse caso a tarefa considerada como não finalizada. O estado de uma tarefa não finalizada pode ser associado a duas classes: aquelas abandonadas, cujo usuário de teste desiste de finalizá-la, ou aquelas interrompidas, onde a equipe de avaliação suspende<sup>62</sup> a sessão de teste.

<sup>62</sup> A equipe de avaliação interrompeu as sessões de teste para os usuários que estavam distantes de atingir o objetivo da tarefa (% de preenchimento dos campos de GENEPI) e que haviam extrapolado o tempo estimado. A decisão teve em vista o não comprometimento do calendário de testes e considerou ainda o não comprometimento da coleta de dados.

A partir da observação do Quadro 29 percebe-se que a maioria dos usuários de teste (6/7) não finalizou a tarefa de teste, dentre os quais metade (3/6) interrompeu-a (usuários 02, 05 e 07) e a outra metade (3/6) abandonou-a (usuários 01,03 e 04). Os motivos apresentados para o abandono da tarefa foram: problema na ferramenta GENEPI para (2/3) e indisponibilidade de dados necessários ao preenchimento dos campos de GENEPI (1/3).

**Quadro 29: Estado de realização da tarefa**

	Usuário						
	01	02	03	04	05	06	07
<b>Cenário</b>	Livre	Guiado	Guiado	Guiado	Livre	Livre	Guiado
<b>Finalizada?</b>	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não
<b>Classe</b>	Aband.	Inter.	Aband.	Aband.	Inter.	C/falha	Inter.

*Legenda: Aband. = abandonnés; Inter. = interrompues; A/faute = avec faute.*

O único (1/7) usuário a ter a tarefa finalizada (usuários 06), gerou o plano de intervenção, mas não obteve sucesso devido ao preenchimento errôneo dos campos de GENEPI. No tocante ao estado de finalização da tarefa, os cenários (livre e guiado) apresentaram-se como compatíveis.

**Número de erros cometidos:** Consideram-se os erros relativos<sup>63</sup> ao uso da ferramenta GENEPI e à interação com o seu contexto de uso. No primeiro caso, o erro se caracteriza pela omissão de uma ação (não preenchimento de campos) ou pela ação correta sob um objeto incorreto (preenchimento errôneo dos campos). No segundo caso o erro se caracteriza quando o usuário solicita informação a um organismo que não detém a informação requerida, ou seja, quando efetua a ligação para um organismo e demanda informação conhecida por outro organismo (ação correta sob um objeto incorreto)<sup>64</sup>.

*Interação entre usuário e o produto:* GENEPI é composto por um total de sessenta e oito (68) campos, organizados em sete (07) abas. Para completar a tarefa com sucesso, o usuário deve preencher, corretamente, todos os campos. A interação entre o usuário e a ferramenta, permite, portanto identificar: omissões: campos não preenchidos; erros: campos preenchidos com dados errados; e acertos (sucesso): campos preenchidos corretamente. Os

<sup>63</sup> A análise poderia considerar outros tipos de erros de interação entre o usuário e a ferramenta, mas estes não foram considerados relevantes no momento. No entanto, se necessário, essa análise pode ser acrescida ao estudo corrente.

<sup>64</sup> Para melhor entendimento ver a seção que descreve o experimento de teste, mais especificamente a subseção tarefa e contexto de uso.

valores percentuais para cada um dos elementos acima serão chamados de taxas e estão disponíveis no Quadro 30 – o valor médio percentual para omissões, erros e acertos também são apresentados. Os valores com destaque em negrito correspondem às maiores taxas de omissão e de erro, assim como as melhores taxas de acerto. Além dos valores percentuais tem-se a classificação dos usuários de teste por desempenho.

**Quadro 30: Taxas de omissão, erros e acertos na interação com GENEPI**

		Usuário							Média (%)
		01	02	03	04	05	06	07	
	<b>Cenário</b>	Livre	Guiado	Guiado	Guiado	Livre	Livre	Guiado	
<b>Taxas (%)</b>	<b>Omissão</b>	16.17	<b>44.1</b>	7.35	<b>72.03</b>	20.58	0	17.64	25.41
	<b>Erro</b>	5.88	8.82	4.41	5.88	8.82	<b>13.23</b>	8.82	7.98
	<b>Acerto</b>	<b>77.95</b>	47.08	<b>88.24</b>	22.09	<b>70.6</b>	<b>86.77</b>	<b>73.54</b>	66.61
<b>Classificação por desempenho</b>		3°	6°	1°	7°	5°	2°	4°	

A maioria (5/7) dos participantes alcançou taxas de acerto superiores a 70%, sendo a média geral de acertos 66.61%. Considerando uma classificação de desempenho, tem-se que os usuários 03, 06, 01 e 07, de melhor desempenho, realizaram a tarefa para o cenário livre. Analisando casos particulares, tem-se que os usuários 04 e 02, com maior taxa de omissão (72.03% e 44.1%, respectivamente), também foram aqueles abaixo da média de acertos (66.1%) e com as menores taxa de sucesso (22.09% e 47.08%, respectivamente). A maior taxa de erro (13.23%) foi identificada para o usuário 06, o único cuja taxa de omissão foi nula. Mesmo com a taxa de erro sendo quase o dobro da média geral (7.98%) o usuário obteve a segunda melhor taxa de acerto (86.77%). O usuário 03 conquistou o melhor desempenho (88.24%) e manteve-se abaixo da taxa média de omissão e de erro.

*Interação entre usuário e organismos detentores de dados:* O roteiro de tarefa de teste guia o usuário na realização da tarefa o que inclui a orientação sobre os organismos responsáveis pelas informações necessárias ao preenchimento dos campos de GENEPI. Além do roteiro, o usuário dispõe de uma lista que relaciona os organismos e seus respectivos domínios de atuação.

Todo o processo interativo entre usuários e os organismos foi transcrito em diagramas de sequencia. As interações consistem basicamente em chamadas telefônicas que podem caracteriza-se como: ligações incompletas, cuja tentativa de ligação não foi bem sucedida por

abandono ou por falha técnica; ligações erradas, onde o usuário chama um organismo e demanda por uma informação que não é gerenciada pelo mesmo; e, as ligações corretas, demanda de informação ao organismo que a detém. No Quadro 31 encontra-se o total de ligações realizadas pelos usuários de teste, assim como a quantidade de ligações incompletas<sup>65</sup>, erradas e corretas (bem sucedidas). O valor médio para cada tipo de ligação também está contido no quadro. Os valores com destaque em **negrito** correspondem àqueles superiores a média encontrada entre o grupo de participantes.

**Quadro 31: Ligações durante o processo de interação**

		Usuário							Média
		01	02	03	04	05	06	07	
Ligações	Cenário	Livre	Guiado	Guiado	Guiado	Livre	Livre	Guiado	
	<b>Total</b>	18	<b>29</b>	23	17	<b>33</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	24,57
	<b>Incompletas</b>	1	2	1	2	<b>5</b>	2	7	2,85
	<b>Erradas</b>	2	<b>8</b>	7	5	<b>6</b>	<b>6</b>	2	5,14
	<b>Corretas</b>	15	<b>19</b>	15	10	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	16,57

O número total de ligações excedeu a média para quatro (4/7) dos usuários (05, 02, 06 e 07), sendo metade destes (2/4) pertencentes ao cenário guiado, evidenciando a equivalência dos cenários no tocante a interação exigida. O maior número de ligações erradas foi alcançado por quatro (4/7) usuários 02, 03, 05 e 06, no entanto, dentre esses, os usuários 05, 02 e 06, foram aqueles que realizaram o maior número de ligações corretas. Sendo assim, para identificar a classificação dos usuários de acordo com seu desempenho, é preferível utilizar as taxas de erros e acertos de cada um (Quadro 32). Com destaque em **negrito** as maiores taxas de erro e taxas de acerto. Para a classificação por desempenho o destaque é para os dois primeiros e os dois últimos posicionados.

<sup>65</sup> As ligações incompletas são úteis para precisar o número de ligações válidas (corretas e erradas), não sendo seu valor levado em consideração para análise.

Quadro 32: Taxas de erro de acerto dentre as ligações válidas

		Usuário							
		01	02	03	04	05	06	07	
Cenário		Livre	Guiado	Guiado	Guiado	Livre	Livre	Guiado	
Ligações válidas		17	27	22	15	28	24	21	
Taxa de erro (%)	Erro	11.7	29.6	31.8	33.3	21.4	25	9.5	23.2 Média
	Acerto	88.2	70.3	68.1	66.6	78.5	75	90.4	76.7 (%)
Classificação por desempenho		2°	5°	6°	7°	3°	4°	1°	

A taxa média de erro (23.2%) foi excedida por quatro (4/7) usuários de teste (04, 03, 02 e 06), sendo a maioria (3/4) realizadora do cenário guiado. A menor taxa de erro (9.5%) foi alcançada pelo usuário 07, tendo, portanto, o melhor desempenho (90.4%), seguido do usuário 01 (taxa de acerto de 88.2%). A maior taxa de erro (33.3%), e, portanto, pior desempenho, foi atingido pelo usuário 04, seguida pelo usuário 03 (31.8%).

*Taxa de erro: GENEPI e Interação com organismos:* Para cálculo da taxa de erro global, considera-se a junção da taxa de erros cometidos na interação com GENEPI e com os organismos. O desempenho global dos usuários está representado no Quadro 33, onde, o destaque em **negrito** para as maiores taxas de erro, tanto no uso de GENEPI quanto no seu contexto de uso.

Quadro 33: Taxa global de erro

		Usuário							
		01	02	03	04	05	06	07	Média (%)
Cenário		Livre	Guiado	Guiado	Guiado	Livre	Livre	Guiado	
Taxa de erro (%)	GENEPI	5.88	8.82	4.41	5.88	8.82	<b>13.23</b>	8.82	7.98
	Organismos	11.7	29.6	<b>31.8</b>	<b>33.3</b>	21.4	25	9.5	23.2
	Total	17.5	<b>38.4</b>	36.2	<b>39.1</b>	30.2	38.2	18.3	31.1
Classificação de desempenho		1°	6°	4°	7°	3°	5°	2°	

Considerando a taxa total de erro, os usuários 04 e 02 extrapolaram a média registrando 39.1% e 38.4%, respectivamente, tendo sido o usuário 04 com maior taxa de erros relacionados à interação com os organismos. Os usuários com melhor desempenho global

foram 01 e 07, com taxa de erro de 17.5% e 18.3%, respectivamente, sendo a taxa média de erro total 31.1%.

### 4.3. Conclusões

A adoção de um processo iterativo e incremental para a elaboração do protocolo permitiu que PEOI fosse aplicado ao longo do seu desenvolvimento, contemplando: 12 instâncias distintas para os contextos de avaliações de usabilidade e de acessibilidade e para observação da interação em situações críticas simuladas, com experimentos realizados em laboratório, em campo e *in loco*. A principal vantagem do método adotado consiste na realimentação fornecida pelos membros das equipes de avaliação no uso do protocolo. Tais informações foram utilizadas pela proponente do PEOI no refinamento constante do protocolo.

Em sua versão atual, PEOI abrange a coleta de dados sobre o estado do usuário e incorpora ferramentas que permitem coletar dados relativos as características e estado de um indivíduo e sobre seu comportamento. O experimento apresentado neste trabalho objetivou validar esta versão estendida averiguando se os dados coletados sobre o estado do usuário e seu comportamento eram adequados. Considerando a proposição de métodos de análise da informação coletada os quais permitissem relacionar a influência do perfil e do estado de um indivíduo, seu contexto de atividade e seu comportamento com a ocorrência de erros. Para realizar esta investigação foi proposto um Modelo abstrato simplificado para Compreensão do Comportamento Humano (M2CH), o qual antecipa relações entre os dados obtidos com o protocolo e relaciona a influência do perfil e do estado de um indivíduo, seu contexto de atividade e seu comportamento com a ocorrência de erros.

O Capítulo seguinte foi destinado para a apresentação e discussão dos resultados alcançados com a aplicação do protocolo, sobretudo no experimento com GENEPI – o estudo de caso.

## CAPÍTULO 5: DISCUSSÃO DE RESULTADOS

---

---

Neste Capítulo têm-se a apresentação e discussão dos resultados alcançados nesta pesquisa - obtidos a partir da realização de um estudo de caso concebido para validar o protocolo experimental - face aos objetivos inicialmente propostos. Os objetivos propostos foram: conceber um protocolo experimental que permitisse adquirir e registrar dados sobre: características do usuário; de sua interação com produtos/sistemas e sobre o contexto de realização da atividade em um ambiente controlado (real ou simulado) e em seguida, propor métodos de análise que permitam relacionar a influência do perfil e do estado de um indivíduo, seu contexto de atividade e seu comportamento com a ocorrência de erros. Neste estudo investigou-se a utilidade do PEOI na identificação dos elementos que interferem no comportamento humano e, conseqüentemente, seu desempenho. Foram adotados dois procedimentos de análise: o primeiro (4.4) associa o conhecimento em usabilidade dos pesquisadores, apoiado por um psicólogo, visando identificar correlações entre as variáveis investigadas e, buscando compreender o comportamento dos usuários participantes do experimento. O segundo consiste na análise estatística dos dados e se apoia no modelo M2CH como guia para a elaboração de hipóteses (4.5). Destaca-se que a diversidade de ferramentas utilizadas no experimento não constitui uma imposição do protocolo sempre que for adotado. Na subseção (4.6) tem-se um comparativo entre as ferramentas utilizadas, em seguida estas são caracterizadas de acordo com um conjunto de critérios que auxiliam a tomada de decisão sobre sua adoção na instanciação do protocolo para um experimento específico.

### **4.4. Compreensão do Comportamento Humano Fundamentado no Conhecimento de Especialistas**

Inicialmente direciona-se a investigação para os casos de destaque no tocante a satisfação com a interface de GENEPI (Quadro 34). Nesse caso, os usuários 05 e 06 se destacam por se apresentarem bastante satisfeitos com a usabilidade do produto. Estes correspondem àqueles cujos perfis revelam alto nível de conhecimento sobre o produto, seu contexto de uso e a tarefa realizada<sup>66</sup> (perfil, POCUS). O traço de personalidade de agradabilidade (amabilidade) apresenta-se para ambos os usuários o que pode leva-los a uma tendência em serem

---

<sup>66</sup> Adota-se o termo "nível de conhecimento sobre o produto" para referenciar o nível de conhecimento sobre o produto, seu contexto de uso e sobre a tarefa a ser realizada.

agradáveis e gentis, mascarando as suas emoções ou impressões negativas sobre as situações vivenciadas (personalidade, BF-50). No entanto, ainda é cedo para afirmar se este elemento pôde influenciar a satisfação dos usuários, uma vez que o mesmo traço de personalidade esta presente para a maioria (4/5) dos participantes que se apresentaram insatisfeitos. Os eventos estressores recebidos pelo usuário 05, embora tenham sido mais numerosos do que para os demais participantes, não afetaram a sua satisfação de forma negativa (características da situação, fatores de estresse). Particularmente, pra o usuário 05, não se observa sobrecarga de trabalho a partir do questionário de autoavaliação aplicado, no entanto, as medições fisiológicas identificaram uma alta ocorrência de picos eletrodermais, que indicam sobrecarga de trabalho (carga de trabalho, NASA-TLX e BIOPAC). Para seu estado emocional, emoções negativas são expressas para quatro das cinco ferramentas aplicadas para a identificação do estado emocional dos participantes.

Para o usuário 06, existe uma maior equivalência entre as informações fornecidas a partir dos questionários aplicados e àquelas coletadas a partir de expressões espontâneas. O número de eventos estressores sofridos por este participante foi médio (características da situação, fatores de estresse), o mesmo dos demais usuários que se sentiram insatisfeitos com a usabilidade do sistema. O usuário aponta sobrecarga de trabalho a partir do questionário que é confirmada a partir das medições fisiológicas (carga de trabalho, NASA-TLX e BIOPAC). No tocante ao seu estado emocional, as emoções negativas foram identificadas pela maioria das ferramentas utilizadas (4/5) (estado emocional).

Com relação ao usuário 05, percebe-se uma divergência entre os dados fornecidos via questionários de autoavaliação e àqueles mensurados com menor nível de interferência consciente do indivíduo. Pode-se atribuir a esse comportamento uma característica de mascarar as situações, decorrente de seu traço de personalidade de agradabilidade. Para o usuário 06, a mesma afirmação não pode ser realizada, uma vez que suas respostas explícitas são consistentes com suas expressões implícitas – apresentando avaliação negativa do ponto de vista das emoções e da carga de trabalho.

Para os demais usuários de teste (5/7) que se mostraram pouco insatisfeitos com a usabilidade do produto, a maioria (4/5) possui baixo conhecimento sobre o produto (perfil - POCUS). O traço de personalidade de agradabilidade também esta presente para a maioria (4/5) dos participantes (personalidade, BF-50) e todos (5/5) eles sofreram a mesma média de ocorrências de eventos estressores (características da situação, fatores de estresse). Embora a sobrecarga de trabalho tenha sido percebida apenas por três (3/5) participantes, esta foi

identificada pela medição fisiológica para todos (5/5) os participantes. No tocante a apresentação de emoções negativas (estado emocional) obteve-se: um (1/5) expressou-as a partir de todas (5/5) as ferramentas utilizadas, outro (1/5) apenas para duas (2/5) delas, e os demais (3/5) para três das cinco. Identifica-se, portanto, que os insatisfeitos indicam sobrecarga de trabalho e emoções negativas, além de terem baixo conhecimento sobre o produto, seu contexto de uso e tarefa.

**Quadro 34: Compreensão da satisfação subjetiva dos usuários**

		Usuário							
		01	02	03	04	05	06	07	
<b>Usabilidade</b>	<b>Webquest</b>	Pouco Insatisfeito	X	X	X	X		X	
		Bastante Satisfeito					X	X	
<b>Perfil</b>	<b>POCUS</b>	Baixo	X	X	X	X			
		Médio						X	
		Alto					X	X	
<b>Personalidade</b>	<b>BF-50</b>	Agradabilidade (Amabilidade)	X	X		X	X	X	
		Consciência	X		X	X			
		Neuroticismo		X				X	
		Intelecto e imaginação				X	X		X
<b>Fatores de estresse</b> <sup>67</sup>		Média	X	X	X	X		X	
		Alta					X		
<b>Carga de trabalho</b>	<b>NASA-TLX</b> <sup>68</sup>	Percebida		X		X		X	
	<b>BIOPAC</b> <sup>69</sup>	Baixa			X	X		X	
		Média	X					X	
		Alta		X			X		
		5/5							X
<b>Estado emocional</b>	<b>Estado emocional negativo</b>	4/5					X		
		3/5		X	X	X			
		2/5	X				X		

Desta forma, para este conjunto de participantes, a satisfação dos respondentes está associada, mais fortemente ao seu perfil. A fim de aumentar o nível de satisfação dos usuários de GENEPI, faz-se necessário garantir que os mesmos tenham um bom conhecimento sobre o

<sup>67</sup> Ocorrência de eventos estressores.

<sup>68</sup> Sobrecarga de trabalho.

<sup>69</sup> Variação eletrodermal: ocorrência de picos.

produto – o investimento na formação/treinamento dos usuários de GENEPI se faz necessário para o aumento da satisfação dos mesmos.

Considerando a satisfação dos usuários 05 e 06, vale a pena verificar, na seção seguinte, o desempenho dos mesmos a fim de identificar se estes se destacam em relação aos demais usuários de teste.

Para o desempenho consideram-se três variáveis: tempo de realização da tarefa, estado de finalização da tarefa e ocorrência de erros durante a execução da tarefa de teste. Para tentar compreender a relação entre o desempenho dos participantes sugere-se a análise das variáveis entre si e entre essas variáveis e as demais do M2CH – considerando os resultados que se destacaram (Quadro 35).

Os participantes que mais excederam o tempo de realização da tarefa, usuários 02 e 06, também obtiveram alta taxa de ocorrências de erros, no entanto, para um deles a tarefa foi interrompida (02) e para o outro (06) a tarefa foi finalizada, porém com falha. Para àqueles cujo tempo foi pouco excedido, usuários 03, 04, 05 e 07, dois tiveram as atividades abandonadas e alta ocorrência de erros (03 e 04) enquanto que os usuários 05 e 06 tiveram a tarefa interrompida e taxa de ocorrência de erros média e baixa, respectivamente. O único usuário que respeitou o tempo previsto para a tarefa, usuário 01, abandonou a tarefa e teve uma baixa taxa de ocorrência de erros.

Considerando as variáveis de desempenho isoladas, a análise se dá para os casos onde o tempo não foi excedido, a tarefa foi finalizada (embora com falha) e houve baixa ocorrência de erros como. Estes são considerados os casos de bom desempenho. Para os casos de baixo desempenho obtém-se que o tempo foi muito excedido e houve a ocorrência de erros foi alta como.

O tempo não foi excedido apenas para o usuário 01 (1/7). Dentre suas características tem-se que o mesmo apresenta alto nível de atenção e de alerta, assim como ótimo funcionamento cognitivo – esses elementos podem ter contribuído para sua baixa taxa de erros cometidos. No entanto, está no grupo dos usuários com baixo conhecimento sobre o produto – o que pode ter motivado o mesmo a abandonar a tarefa antes do tempo pré-definido ter sido extrapolado. A avaliação cognitiva feita para a situação vivenciada foi positiva e com intensidade média, sendo sua ansiedade e sobrecarga de trabalho expressas apenas pelas medições fisiológicas. Quanto às emoções negativas, essas foram apresentadas apenas em

duas das cinco (2/5) ferramentas utilizadas. Os eventos estressores recebidos se mantiveram na média, como para a maioria (6/7) dos participantes.

**Quadro 35: Compreensão do desempenho dos usuários**

			Usuário						
			01	02	03	04	05	06	07
<b>Desempenho</b>	<b>Tempo</b>	Não excedido	X						
		Pouco excedido			X	X	X		X
		Muito excedido		X					X
	<b>Estado de realização</b>	Finalizada com falha							X
		Abandonada	X		X	X			
		Interrompida		X			X		X
<b>Ocorrência de erros<sup>70</sup></b>	Baixa	X						X	
	Média					X			
	Alta		X	X	X		X		
<b>Atenção</b>	<b>D-2</b>	Baixo		X			X	X	
		Alto	X		X	X			X
<b>Cognição</b>	<b>CognitAix<sup>71</sup></b>	Excelente		X	X	X			
		Ótimo	X				X	X	X
<b>Perfil</b>	<b>POCUS</b>	Baixo	X	X	X	X			
		Médio							X
		Alto					X	X	
<b>Fatores de estresse</b>		Média	X	X	X	X		X	X
		Alta					X		
		Alerta	X	X	X		X	X	
<b>Ansiedade</b>	<b>AD-ACL</b>	Presença				X		X	
		<b>BIOPAC<sup>72</sup></b>	Presença	X		X	X		X
<b>Carga de trabalho</b>	<b>NASA-TLX</b>	Percebida		X		X		X	X
		<b>BIOPAC<sup>73</sup></b>	Baixa			X	X		X
		Média	X					X	
<b>Estado emocional</b>	<b>Estado emocional negativo</b>	Alta		X			X		
		5/5							X
		4/5						X	
		3/5		X	X	X			
<b>Tomada de decisão</b>	<b>GAQ</b>	2/5	X				X		
		Valência negativa		X		X	X	X	X
		Baixa		X				X	
		Intensidade	X						
		Alta			X	X	X	X	

<sup>70</sup> Taxa de ocorrência de erros

<sup>71</sup> Bom funcionamento cognitivo.

<sup>72</sup> Variação cardíaca.

<sup>73</sup> Variação eletrodermal: ocorrência de picos.

A tarefa foi finalizada apenas para o usuário 06 (1/7) cujas características consistem em ótimo funcionamento cognitivo e alto nível de alerta, embora se tenha baixo nível de atenção – o que pode contribuir para a ocorrência de erros. O alto conhecimento sobre o produto pode ter contribuído para a finalização da tarefa. Ao contrário do usuário 01, sua ansiedade e sobrecarga de trabalho só foram identificadas a partir dos questionários, não tendo sido detectadas pelas mensurações fisiológicas. A sua avaliação cognitiva da situação apresenta-se negativa, porém com baixa intensidade, o que está de acordo com seu estado emocional negativo, identificado pela maioria (4/5) das ferramentas utilizadas.

Embora o usuário 06 tenha finalizado a tarefa, excedeu consideravelmente o tempo para realiza-la e cometeu muitos erros. Se sua tarefa tivesse sido interrompida ou abandonada, como para os demais (6/7) usuários de teste, poderia haver uma minimização do tempo utilizado, assim como da ocorrência de erros. Para apoiar esse argumento, tem-se o comportamento contrário do usuário 01, que abandonou a tarefa (prematuramente) antes de exceder o tempo pré-definido e em consequência teve baixa taxa de ocorrência de erros.

A baixa taxa de ocorrência de erros é identificada para os usuários 01 e 07, considerando que o usuário 01 teve suas características analisadas por ter tido o melhor tempo de realização da tarefa, o foco direciona-se para o usuário 07. O usuário 07 apresentou alta atenção e ótimo funcionamento cognitivo além de um conhecimento médio sobre o produto, no entanto, seu nível de alerta (vigilância) apresentou-se baixo. Sua ansiedade foi identificada fisiologicamente e a sobrecarga de trabalho expressa a partir do questionário e apontada como baixa pela reação fisiológica. Seu estado emocional foi negativo e identificado pelas cinco ferramentas utilizadas, sendo sua avaliação cognitiva da situação conforme seu estado emocional – negativa e com alta intensidade. As principais diferenças entre os usuários 01 e 07 são 01 relativas ao perfil, ao nível de alerta e ao estado emocional, além do fato do usuário 01 ter abandonado a tarefa, enquanto que o usuário 07 teve a mesma interrompida.

Considerando os casos de baixo desempenho, o tempo foi muito excedido para os usuários 02 e 06, onde ambos apresentam alto nível de atenção e de alerta e funcionamento cognitivo excelente e ótimo, respectivamente. A sobrecarga de trabalho foi percebida por ambos e indicada fisiologicamente como alta (usuários 02) e média (usuário 06). Não existe divergência entre estes no tocante ao estado emocional ter sido identificado como negativo, assim como a avaliação cognitiva da situação vivenciada, ser de baixa intensidade. As diferenças estão relacionadas ao perfil dos usuários, onde o usuário 02 tem baixo conhecimento sobre o produto, seu contexto de uso e tarefa, enquanto que para o usuário 06

tem-se alto conhecimento. A ansiedade foi identificada apenas para o usuário 06 a partir do questionário de autoavaliação.

A taxa de ocorrência de erros foi alta para quatro (4/7) participantes, dentre os quais os usuários 02, 03, 04 e 06. Como outras análises já foram feitas para os usuários 02 e 06, para a ocorrência de erros o foco será para a compreensão das características dos usuários 03 e 04, que se apresentaram bem semelhantes. Identificou-se, para ambos, alto nível de atenção e excelente funcionamento cognitivo, ansiedade medida apenas fisiologicamente e baixa sobrecarga de trabalho. O estado emocional negativo, para três das cinco (3/5) ferramentas aplicadas, também se fez presente para os dois usuários, assim como o baixo conhecimento sobre o produto. Divergências foram encontradas entre estes usuários: para a avaliação cognitiva da situação, positiva para o usuário 03 e negativa para o usuário 04, embora a intensidade seja a mesma – alta – e apenas o usuário 03 tenha apresentado nível de alerta significativo.

Embora a análise comparativa das variáveis possa auxiliar na compreensão isolada de alguns comportamentos dos participantes, não é possível extrair desta um modelo que represente um comportamento padrão, ou mesmo a identificação das correlações existentes entre as variáveis que compõem o M2CH. Desta forma, sugere-se que os dados coletados sejam processados estatisticamente, mesmo diante da limitação do tamanho do universo amostral. Pois, embora não seja possível fazer generalizações ou inferências a partir dos mesmos, a identificação de correlações significativas entre os elementos podem ser o ponto de partida para investigações futuras.

#### **4.5. Análise Estatística dos Dados**

O cruzamento de dados sugerido a partir dos elementos que compõe o M2CH toma como base cinco blocos de informações e a relação entre estes. A elaboração de algumas das hipóteses deste estudo (Quadro 36) foi guiada pelas correlações entre os blocos de M2CH:

- Bloco 1 *versus* bloco 3: características pessoais e da situação *versus* percepção da situação;
- Bloco 3 *versus* bloco 4: estado funcional e percepção da situação *versus* tomada de decisão;
- Bloco 2 e 3 *versus* bloco 5: estado funcional e percepção da situação *versus* desempenho; e,
- Bloco 4 *versus* bloco 5: tomada de decisão *versus* desempenho.

O procedimento estatístico adotado para a análise consistiu em: verificar a normalidade dos dados coletados; identificar a correlação entre todos os pares de variáveis presentes no M2CH a fim de identificar se as correlações são significativas<sup>74</sup>; e, verificar o tipo de relação (linear ou não linear) entre cada preditor e a respectiva variável resposta a partir de gráficos de dispersão; em seguida identificar o modelo de regressão mais adequado para descrever o relacionamento entre as variáveis de cada hipótese.

A normalidade dos dados foi identificada a partir do teste visual e do teste de *Shapiro-Wilk*, escolhido por ser indicado para amostras pequenas e médias. Utilizou-se nível de significância de 5% (0,05) e obteve-se, com 95% de confiança que as variáveis com p-valor maior que 0,05 seguem uma distribuição normal<sup>75</sup>.

**Quadro 36: Descrição das hipóteses iniciais**

ID	M2CH	Descrição das hipóteses
H1:	-	Indivíduos tendem a apresentar maior insatisfação com a usabilidade do produto quando são naturalmente neuróticos, são submetidos à ocorrência de eventos estressores, estão em sobrecarga de trabalho, expressam emoções negativas e têm baixo desempenho;
H2:	-	Indivíduos tendem a apresentar maior nível de alerta quanto são naturalmente extrovertidos (traço de personalidade), são naturalmente atentos e estão em sobrecarga de trabalho;
H3:	-	Indivíduos tendem a apresentar maiores níveis de ansiedade quando são naturalmente neuróticos (traço de personalidade), são submetidos a eventos estressores, ao utilizarem sistemas com baixa usabilidade em situações de sobrecarga quando têm baixo desempenho;
H4:	Bloco 1 versus Bloco 3	Indivíduos tendem a apresentar maiores reações à sobrecarga de trabalho quando são naturalmente neuróticos, utilizam sistemas com baixa usabilidade, estão ansiosos, expressam emoções negativas, cometem erros e levam mais tempo para realizar tarefas;
H5:	-	Indivíduos tendem a apresentar emoções negativas quando são naturalmente neuróticos, são submetidos a eventos estressores, utilizam sistemas com baixa usabilidade, estão ansiosos, estão em sobrecarga de trabalho, cometem erros e não finalizam suas tarefas com sucesso;
H6:	Blocos 2 e 3 versus Bloco 4	Indivíduos tendem a apresentar avaliações cognitivas negativas da situação quando são submetidos a eventos estressores, utilizam sistemas com baixa usabilidade, estão pouco alerta e ansiosos, expressam emoções negativas e cometem erros na realização das tarefas;
H7:	Blocos 2 e 3 versus	Indivíduos tendem a cometer mais erros quando utilizam sistemas com baixa usabilidade, estão pouco alerta e ansiosos, estão sujeitos à sobrecarga de trabalho,

<sup>74</sup> O resultado obtido pode refinar as hipóteses elaboradas a partir da identificação e eliminação de preditores pouco correlacionados com as variáveis respostas estabelecidas.

<sup>75</sup> No Anexo B, tem-se a lista de 34 variáveis com seus respectivos p-valor, onde com destaque em negrito, estão aquelas cuja normalidade não foi identificada (8/34) a princípio.

	Bloco 5	expressam emoções negativas, realizam avaliações cognitivas negativas da situação e não finalizam suas tarefas com sucesso ;
	Bloco 4 versus Bloco 5	Indivíduos tendem a levar mais tempo para realizarem suas tarefas quando são naturalmente conscientes, são submetidos à eventos estressores, utilizam sistemas com baixa usabilidade, estão pouco alerta, realizam avaliações cognitivas negativas da situação e cometem mais erros e não finalizam suas tarefas com sucesso;

Seguiu-se com a análise da correlação a partir do método *Spearman* que não exige que a correlação seja linear nem que obedeça a uma distribuição específica, é adimensional e mais resistente a *outliers*. Um quadro contendo a correlação de todos os pares de variáveis foi gerado e a partir do mesmo foi possível identificar se as variáveis crescem na mesma direção (sinal +) ou em direções contrárias (sinal -) e se a correlação é muito forte ( $0,90 > y \geq 1,0$ ), forte ( $0,70 > y \geq 0,90$ ) ou moderada ( $0,50 > y \geq 0,70$ ). Embora as hipóteses iniciais tenham sido refinadas após o resultado da análise da correlação entre as variáveis, com a redução de alguns preditores, uma limitação foi encontrada no tocante a aplicação da regressão. Para cada preditor associado a uma variável resposta, faz-se necessário ter no mínimo 05 observações. Considerando o tamanho reduzido de apenas 07 observações no experimento, para a análise de regressão é interessante que se utilize apenas um preditor por variável resposta. Sendo assim, a estratégia adotada foi de analisar a força de correlação entre os pares de variáveis presentes nas hipóteses a fim de reduzir seus preditores, deixando apenas aquele cujo grau de correlação é mais forte. O conjunto resultante de hipóteses está presente no Quadro 37<sup>76</sup>.

**Quadro 37: Hipóteses reduzidas**

ID	Descrição
H1:	Indivíduos tendem a apresentar <u>menor satisfação com a usabilidade do produto</u> (Webquest) quando expressam <u>emoções negativas</u> (EmotAix).
H2:	Indivíduos tendem a apresentar <u>maior nível de alerta</u> (AD-ACL) quando estão em <u>sobrecarga de trabalho</u> (Picos eletrodermais).
H3:	Indivíduos tendem a apresentar <u>maiores níveis de ansiedade</u> (frequência cardíaca) quando estão em situações de <u>sobrecarga de trabalho</u> (picos eletrodermais).
H4:	Indivíduos tendem a apresentar maiores reações à <u>sobrecarga de trabalho</u> (NASA-TLX) quando apresentam <u>emoções negativas</u> (Emoções negativas /Análise de vídeos:).
H5:	Indivíduos tendem a apresentar <u>emoções negativas</u> (GAQ) quando submetidos a <u>eventos estressores</u> (fatores de estresse)
H6:	Indivíduos tendem a apresentar <u>avaliações cognitivas negativas de uma situação</u> (GAQ) quando submetidos a <u>eventos estressores</u> (fatores de estresse).

<sup>76</sup> Devido ao uso de mais de uma ferramenta para coleta de dados de informações do mesmo domínio, para cada variável considerada nas hipóteses é explicitada a ferramenta de coleta de dados associada.

- H7:** Indivíduos tendem a cometer mais erros quando apresentam mais emoções negativas (EmotAix)
- H8:** Indivíduos tendem a levar mais tempo para realizarem suas tarefas quando são submetidos a mais fatores de estresse (fatores de estresse).

O passo seguinte consistiu na utilização de um gráfico de dispersão para verificar o tipo de relação (linear ou não linear) entre o preditor e a variável resposta. A partir daí é possível identificar o modelo de regressão mais adequado para descrever o relacionamento entre as variáveis de cada hipótese. Como resultado tem-se o percentual de influência do preditor na definição da variável resposta. O procedimento adotado consistiu em:

- (i) Identificar qual o tipo da relação (linear ou não linear) existente entre as variáveis a partir do gráfico de dispersão;
- (ii) Encontrar um modelo de regressão adequado que explique a relação causa-efeito entre o preditor e a variável resposta. Nesse caso, alguns elementos a verificar de:
  - a. O modelo é significativo: identificar se o “teste F” forneceu um p-valor menor que 0.05 (considerando 95% de confiança);
  - b. Os parâmetros de regressão são significativos: identificando o p-valor fornecido pelo “teste t” sendo menor que 0.05, logo se rejeita a hipótese nula, e com 95% de confiança pode-se concluir que os parâmetros são significativos. Outro indicativo é o zero não fazer parte do intervalo de confiança obtido;
  - c. O poder explicativo da regressão é alto: verificando o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o valor percentual que explica a variação da variável resposta;
- (iii) Verificar se as premissas da regressão estão sendo atendidas com base na análise sobre os resíduos<sup>77</sup>. Se o modelo é identificado como não válido, as premissas não precisam ser verificadas. As premissas são:
  - a. Independência dos resíduos: verificar se existe relação entre os valores ajustados do modelo (valores previstos) e os resíduos, a partir do gráfico de dispersão (valores ajustados x resíduos). Se não há tendência no comportamento dos dados, tem-se que os resíduos são independentes;
  - b. Normalidade dos resíduos: verificar se os resíduos seguem distribuição normal, tanto pelo gráfico de gráfico Normal Q-Q Plot quanto pelo teste de

<sup>77</sup> Os resíduos são os erros decorrentes da diferença entre o valor observado no experimento e o valor previsto pela equação dos mínimos quadrados.

*Shapiro-Wilk*. Se o resultado do teste é de um p-valor maior que 0.05, não é possível rejeitar a hipótese nula do teste que afirma que os dados seguem distribuição normal. Portanto, com 95% de confiança conclui-se que os resíduos se aproximam da distribuição normal;

- c. Homocedasticidade dos resíduos: verificar se a variância entre os valores ajustados e os resíduos é homogênea, onde dois testes podem ser aplicados: o teste de *Levene* e o teste de *Bartlett* (indicado apenas para dados normais). Se o resultado do teste é de um p-valor maior que 0.05, não é possível rejeitar a hipótese nula do teste que afirma que a variância é constante. Portanto, com 95% de confiança conclui-se que há homocedasticidade;
- (iv) Por fim, com base nos resultados alcançados tem-se a decisão em aceitar ou rejeitar cada hipótese proposta.

No Quadro 38 têm-se os valores calculados para o teste F (p-valor), o intervalo de confiança e o coeficiente de determinação para cada uma das hipóteses<sup>78</sup>. O valor da correlação entre as variáveis manipuladas nas hipóteses também estão apresentadas.

No Quadro 39, tem-se a caracterização do modelo estatístico aplicado para a análise de cada hipótese. Considerando o tipo de relação (linear ou não linear), na existência de *ouliers* removidos do universo amostral na análise, a significância do modelo e dos parâmetros, a satisfação das premissas (de independência, normalidade e homocedasticidades).

Do conjunto das oito hipóteses analisadas, apenas uma, a hipótese (H5) não pode ter sido aceita devido a não adequação do modelo estatístico utilizado. Portanto não é possível afirmar que indivíduos tendem a apresentar emoções negativas (a partir da ferramenta GAQ) quando submetidos a eventos estressores (fatores de estresse). No Quadro 40 tem-se o estado de cada hipótese sobre sua confirmação ou refutação.

---

<sup>78</sup> No Anexo C encontram-se todos os gráficos gerados a partir da análise realizada.

Quadro 38: Valores obtidos a partir do modelo de regressão

ID	p-valor teste F	Intervalo de confiança	Coefficiente de determinação múltipla (R <sup>2</sup> )	Correlação entre as variáveis
H1:	0.0272	-3.010095 a -0,2471823; 18.856844 a 205.9847563	65.61%	-0,892857
H2:	0.01748	3.24282975 a 7.18426452 -0,07396116 a -0.01248184	79.21%	0,5714286
H3:	0.03074	7.1774912 a 12.450354143 -0.1311883 a -0.009712512	64%	-0,714286
H4:	0.02008	16.9281372 a 56.355423 0,3902634 a 2.6333964	77,78%	0,75
H5:	0.05462	-2.31910659 a 0.6818674 -0.00271208 a 0.1728565	64,41%	0,6320257
H6:	0.04904	-26.82295 a 1252.796272 -476.23237 a -1.619322	66,14%	0,709208
H7:	0.03706	5.868625 a 3.156055 -6.616489 a -3.391308	70.29%	-0.828862
H8:	0.01905	6.028094 a 379.0207910 -1.733176 a -0.6518949 5.033162 a 0.2129353	92.87%	-0.738769

Quadro 39: Caracterização do modelo de regressão

		H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
Relação	Linear		X	X	X	X			
	Não linear	X					X	X	X
	Número de <i>outliers</i>	0	1	0	1	2	1	1	1
Significativo	Modelo	X	X	X	X	-	X	X	X
	Parâmetros	X	X	X	X	-	X	X	X
Premissas satisfeitas <sup>79</sup>	Independência	X	X	X	X	-	X	X	X
	Normalidade	X	X	X	X	-	X	X	X
	Homocedasticidades	X	X	X	X	-	X	X	

<sup>79</sup> Satisfação das premissas da regressão no tocante aos resíduos.

Quadro 40: Aceite e rejeição das hipóteses

ID	Descrição	Estado
H1:	Indivíduos tendem a apresentar <u>menor satisfação com a usabilidade do produto</u> (Webquest) quando expressam <u>emoções negativas</u> (EmotAix).	Aceita
H2:	Indivíduos tendem a apresentar <u>maior nível de alerta</u> (AD-ACL) quando estão em <u>sobrecarga de trabalho</u> (Picos eletrodermais).	Aceita
H3:	Indivíduos tendem a apresentar <u>maiores níveis de ansiedade</u> (frequência cardíaca) quando estão em situações de <u>sobrecarga de trabalho</u> (picos eletrodermais).	Aceita
H4:	Indivíduos tendem a apresentar maiores reações à <u>sobrecarga de trabalho</u> (NASA-TLX) quando apresentam <u>emoções negativas</u> (Emoções negativas /Análise de vídeos:).	Aceita
H5:	Indivíduos tendem a apresentar <u>emoções negativas</u> (GAQ) quando submetidos a <u>eventos estressores</u> (fatores de estresse)	Rejeitada
H6:	Indivíduos tendem a apresentar <u>avaliações cognitivas negativas de uma situação</u> (GAQ) quando submetidos a <u>eventos estressores</u> (fatores de estresse).	Aceita
H7:	Indivíduos tendem a cometer <u>mais erros</u> quando apresentam <u>mais emoções negativas</u> (EmotAix)	Aceita
H8:	Indivíduos tendem a levar <u>mais tempo</u> para realizarem suas tarefas quando são submetidos a <u>mais fatores de estresse</u> (fatores de estresse).	Aceita

Considerando que as hipóteses inicialmente definidas foram refinadas de forma a manter um único preditor para cada variável resposta. E ainda, que a escolha do preditor foi determinada pela correlação entre este e a variável resposta, considerando variáveis com correlação alta. A realização do cálculo *post-hoc* do poder estatístico está propensa a mostrar resultados considerados altos. A mesma afirmativa é válida para o cálculo do efeito esperado ( $f^2$ ). Essa expectativa toma como base o fato do cálculo ter sido feito a partir do número de preditores presentes na hipótese, do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), da significância estatística e do tamanho da amostra [Cohen 1988]. Considerando que para cada hipótese foi adotado apenas um preditor, cujo nível de confiança foi de 95%, no Quadro 41 tem-se como resultado o cálculo de poder estatístico para cada uma das hipóteses investigadas no estudo.

Quadro 41: Cálculo do poder estatístico das hipóteses

ID	R <sup>2 80</sup>	f <sup>2</sup>	Tamanho da amostra <sup>81</sup>	Poder estatístico
H1:	0,58	1,38	7	0,70
H2:	0,74	2,84	6	0,86
H3:	0,56	1,27	7	0,66
H4:	0,72	2,57	6	0,83
H5:	0,55	1,22	6	0,52
H6:	0,57	1,32	6	0,56
H7:	0,62	1,63	6	0,65
H8:	0,88	7,33	6	0,99

Desta forma, a aceitação das hipóteses deve ser interpretada como uma tendência a ser explorada em maior profundidade em estudos futuros. Estes estudos deverão considerar a replicação do experimento, expandindo-o para que as hipóteses possam contemplar o conjunto de preditores inicialmente proposto. Para tanto, tem-se como premissa básica a necessidade de especificar o tamanho do universo amostral. Assim, sugere-se a adoção do cálculo do poder estatísticos *a-priori* -- para o teste de regressão -- conforme definido por Cohen, no cálculo do tamanho da amostra. Portanto, objetivando alcançar um poder estatístico alto, da ordem de 0,8 e, um efeito esperado alto ( $f^2 = 0,35$ ), para um conjunto de quatro preditores associados a cada variável resposta, a parti do cálculo do tamanho da amostra, deve-se realizar experimentos com no mínimo 39 participantes no papel de usuários de teste.

#### 4.6. Comparação entre as Ferramentas utilizadas

Para identificar a presença de ansiedade e de sobrecarga de trabalho dentre os participantes do teste foram utilizadas as técnicas de aplicação de questionário de autoavaliação e a mensuração fisiológica. No primeiro caso, o usuário tem a possibilidade de refletir sobre suas respostas, podendo mascarar, mesmo inconscientemente, alguma informação relevante. Ocultar informações se torna menos evidente quando se trata de medições fisiológicas, que identificam as reações involuntárias dos indivíduos. A dupla medição tem por objetivo mostrar coerência entre os resultados obtidos a partir das diferentes ferramentas. O Quadro 42

<sup>80</sup> Coeficiente de determinação ajustado.

<sup>81</sup> Considerando a exclusão de *outlier*.

apresenta, para ambos os casos, a partir de qual (quais) técnica (s) as variáveis investigadas foram identificadas.

**Quadro 42: Ansiedade e carga de trabalho**

		Usuário						
		01	02	03	04	05	06	07
<b>Ansiedade</b>	<b>AD-ACL</b>				X		X	
	<b>BIOPAC (variação cardíaca)</b>	X		X	X			X
<b>Carga de trabalho</b>	<b>NASA-TLX</b>		X		X		X	X
	<b>BIOPAC (picos eletrodermais)</b>	X	X				X	

Ao analisar o quadro acima quatro categorias distintas de correlações são identificadas:

- (i) Coerência entre as respostas fornecidas via questionário de autoavaliação e as medições fisiológicas – tanto para a ansiedade quando para a carga de trabalho (usuário 02);
- (ii) Coerência parcial
  - a. Por técnica/ferramenta, onde apenas os questionários ou apenas as medições fisiológicas identificam a ansiedade ou a carga de trabalho. Para o usuário 01, as medições fisiológicas são capazes de identificar a ansiedade e a carga de trabalho, enquanto que para o usuário 06, apenas os questionários as identificam;
  - b. Por domínio, onde existe a coerência entre os dados obtidos a partir de técnicas diferentes, porém apenas para um dos dois domínios estudados. Para o usuário 03 a coerência se apresenta apenas para a carga de trabalho, enquanto que para os usuários 04 e 05, identifica-se a coerência apenas para a ansiedade; e, por fim,
- (iii) Incoerência tanto para as técnicas quanto para os domínios. Para o usuário 07 é possível identificar a ansiedade a partir da medição fisiológica e a carga de trabalho apenas a partir do questionário de autoavaliação.

A tentativa de justificar a diferença entre os resultados obtidos a partir dos traços de personalidade dos indivíduos (Quadro 43) é mais direta para apenas dois casos, àqueles pertencentes ao grupo de coerência parcial por técnica – usuários 01 e 02. Onde: o usuário 01 pode não expor sua ansiedade ou sobrecarga de trabalho por ter um traço de personalidade de agradabilidade (amabilidade), que apresenta uma pré-disposição a gentileza, camuflando situações ou sentimentos negativo; para o usuário 06, sua característica de neuroticismo pode sobrepor seu traço de agradabilidade (amabilidade), quando este demonstra uma percepção

negativa de seu nível de ansiedade e de sobrecarga de trabalho, mesmo quando as reações fisiológicas não demonstram alterações significativas.

**Quadro 43: Traços de personalidade de acordo com BF-50**

		Usuários						
		01	02	03	04	05	06	07
<b>Personalidade</b>	<b>BF-50</b>							
	<b>Agradabilidade</b>	X	X		X	X	X	X
	<b>Consciência</b>	X		X	X			
	<b>Neuroticismo</b>		X				X	
	<b>Intelecto e imaginação</b>				X	X		X

Na impossibilidade de identificar equivalência entre as ferramentas, para a análise comparativa geral dos dados considera-se a presença de ansiedade e de sobrecarga de trabalho para os participantes que tiveram essas informações identificadas por pelo menos uma das técnicas.

As ferramentas utilizadas para identificação do estado emocional dos usuários abordam três técnicas: questionários de autoavaliação (SAM, GEW e GAQ), identificação de expressões faciais (análise de vídeo) e análise do discurso das entrevistas pós-teste (EmotAix). Todas as ferramentas podem apontar a valência das emoções mais predominantes no experimento: positivas (+), neutras (0) ou negativas (-); algumas ferramentas podem apresentar a força/intensidade com a qual a emoção foi vivenciada (SAM e GEW) e a análise dos vídeos e do discurso mostra, em valores percentuais, a ocorrência de emoções de acordo com sua valência.

A partir da verificação da valência (Quadro 44) para as ferramentas, percebe-se que, para os questionários as emoções identificadas forma equivalentes na totalidade para dois (2/7) dos usuários de teste, para os demais (5/7) a coerência entre as respostas se deu para pelo menos dois dos questionários aplicados. O comparativo entre a avaliação das expressões faciais e a análise do discurso existe divergência apenas para um (1/7) participantes.

Quadro 44: Estado emocional: valências predominantes

			Usuário						
			01	02	03	04	05	06	07
Estado Emocional (Valência)	Autoavaliação	SAM	+	0	0	0	+	-	-
		GEW	+	0	-	-	+	-	-
	GAQ	+	-	0	0	-	+	-	
	Expressões faciais	Análise de vídeos	-	-	-	-	+	-	-
	Análise do discurso	EmotAix	-	-	-	-	-	-	-

A intensidade da emoção é calculada para SAM a partir da soma da intensidade com a dominância, o que resulta em uma escala de 2 a 48 pontos a partir do qual se classifica intensidade como baixa (2 a 7), média (7 a 12) e alta (12 a 48). No Quadro 45 tem-se que para GEW a força consiste no somatório das intensidades atribuídas às emoções, o que resulta em uma escala de 0 a 9, onde de 0 a 3 é baixa; 3 a 6 é média; 6 à 9 é alta. A ferramenta SAM identificou emoções de alta intensidade para todos os respondentes, enquanto que GEW apresentou intensidades nos três níveis possíveis.

Quadro 45: Estado emocional: força da emoção

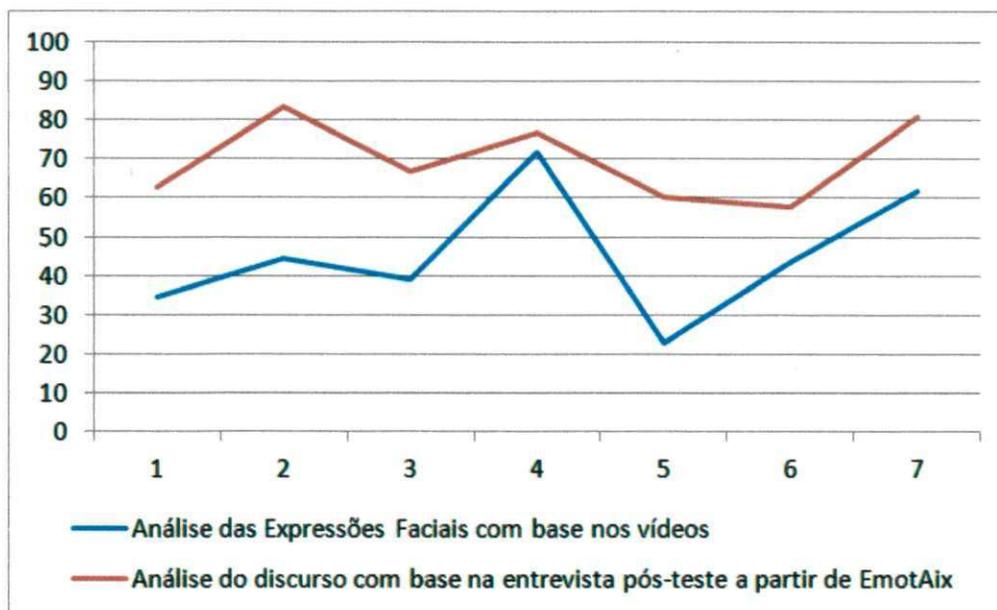
			Usuário						
			01	02	03	04	05	06	07
Estado Emocional (Intensidade)	Autoavaliação	SAM	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
		GEW	Baixa	Baixa	Média	Média	Alta	Alta	Alta

No Quadro 46 têm-se os valores percentuais de predominância das emoções negativas sobre as demais classes de emoções para as expressões faciais do participante durante a realização da tarefa e seu discurso na entrevista realizada após o teste.

Quadro 46: Estado emocional: ocorrências de emoções negativas

			Usuário						
			01	02	03	04	05	06	07
Emoções negativas (%)	Expressões faciais	Análise de vídeos	34,4	44,4	38,9	71,7	23,1	43,6	61,7
	Análise do discurso	EmotAix	62,5	83,3	66,7	76,9	60,0	57,6	81,0

A partir do Gráfico 14 é possível identificar que a ferramenta *EmotAix* identifica uma presença mais constante para as emoções negativas em relação às expressões faciais identificadas a partir da análise dos vídeos. A maior coerência está identificada para o usuário 04, enquanto que a maior divergência está para o usuário 05.



**Gráfico 14: Ocorrência de emoções negativas (análise de vídeos e EmotAix)**

Desconsiderando a intensidade da emoção e focando na ocorrência de emoções negativas, tem-se o Quadro 47, a partir do qual é possível identificar que para as ferramentas de autoavaliação os usuários 01 e 07 foram coerentes nos resultados fornecidos, apontando emoções positivas e negativas, respectivamente, para os três questionários. O usuário 06 apontou estado emocional negativo para duas das ferramentas (SAM e GEW), enquanto que os usuários de teste 02, 03, 04 e 05, apresentaram emoções negativas em apenas uma das três ferramentas, GAQ para os usuários 02 e 05 e GEW para os usuários 03 e 04. Mesmo considerando o tamanho reduzido do universo amostral, diante dos dados coletados, tem-se que dentre os questionários, àquele a partir do qual se identificou emoções negativas para o maior número de respondentes foi o GEW. Para as técnicas de análise de vídeos e análise do discurso, todos os usuários de teste apresentaram emoções negativas se sobrepondo às positivas - exceto o usuário de teste 05.

Quadro 47: Ocorrências de estado emocional negativo por ferramenta

		Usuário							Total
		01	02	03	04	05	06	07	
Estado emocional negativo	SAM						X	X	2/7
	GEW			X	X		X	X	4/7
	GAQ		X			X		X	3/7
	Análise de vídeos	X	X	X	X		X	X	6/7
	EmotAix	X	X	X	X	X	X	X	7/7
	<b>TOTAL</b>	2/5	3/5	3/5	3/5	2/5	4/5	5/5	

Embora tenha sido identificado que todos os participantes, com base em pelo menos duas das ferramentas utilizadas, apresentaram emoções negativas e que, existem divergências que podem ser explicadas a partir da análise da avaliação cognitiva feita pelo usuário diante da situação vivenciada no experimento (Quadro 48). Esta avaliação considera, de forma simplificada, dois elementos: a valência e a intensidade da emoção. A situação não foi vista de forma negativa por dois usuários (01 e 03), destes, ambos expressaram as emoções negativas a partir das análises dos vídeos e do discurso, no entanto, apenas o usuário 03 indicou emoções negativas a partir de GEW.

Os usuários 02 e 06, embora tenham definido a situação como negativa, atribuíram uma baixa intensidade às emoções sentidas. A baixa intensidade da emoção pode ser a justificativa para que o usuário 02 expressasse emoções negativas em apenas um dos questionários aplicados. No entanto, apresenta-se contraditória para o usuário 06. Os demais três usuários (04, 05 e 07) apresentaram avaliação negativa para a situação, com alta intensidade. A contradição fica explícita para o usuário 05 cujo discurso analisado identificou expressões que classificaram sua experiência como positiva.

Quadro 48: Avaliação cognitiva da situação a partir de GAQ

			Usuário							
			01	02	03	04	05	06	07	
Évaluation cognitive de la situation	GAQ	Valência								
		Negativa		X		X	X	X	X	X
		Baixa		X					X	
		Intensidade								
					X					
							X	X	X	X

Embora não tenha sido possível definir a equivalência entre as ferramentas utilizadas houve uma prevalência das emoções negativas sobre as positivas para todos os usuários de teste. Sendo assim, para a análise comparativa geral dos dados vamos considera-se a presença de emoções negativas para todos os participantes.

Diante da multiplicidade de ferramentas incorporadas ao PEOI durante esta pesquisa; considera-se que fora do âmbito da pesquisa acadêmica, em um contexto de observação qualquer, não é necessário incorporar todas elas. É importante que exista flexibilidade na escolha de qual ferramenta adotar diante das características do contexto de observação. Deve-se, por exemplo, considerar o tempo disponível para realização do experimento (coleta de dados) e para a análise dos resultados; os recursos disponíveis tais como ferramentas e equipamentos; as habilidades específicas dos componentes da equipe de avaliação; os objetivos da observação, etc.. Sendo assim, se faz necessário estabelecer um conjunto de critérios (ou restrições) para guiar a equipe de avaliação na escolha das ferramentas mais adequadas para cada instanciação do protocolo – a cada novo experimento. Os critérios considerados relevantes são: modo de aquisição das ferramentas (disponíveis gratuitamente ou compradas); facilidade de uso das ferramentas na aquisição e análise dos dados; tempo necessário para coletar e analisar os dados de interesse; recursos necessários à aplicação da ferramenta; e, disponibilidade de pessoal treinado no uso da ferramenta; infraestrutura do ambiente de observação. No Quadro 49 são listados os critérios mencionados e as ferramentas, em uma relação que objetiva auxiliar na escolha.

As categorias referentes à característica da situação e ao desempenho presentes no M2CH não estão representadas no quadro devido às particularidades das ferramentas que apoiam a coleta destes dados. Para o primeiro caso, a tarefa e os fatores de estresse consistem na base para elaboração do cenário de teste e devem ser definidos de acordo com os relatórios de acidentes de erros humanos no contexto em investigação. Para o desempenho utiliza-se o registro em vídeo e as anotações feitas pelos avaliadores durante a observação da interação. Esses são fundamentais para o protocolo e, portanto devem ser sempre considerados em qualquer contexto de experimento. Seguem os comentários presentes no quadro:

- ◇ 1: Necessário realizar solicitação para realizar download do sistema;
- ◇ 2: Depende da aquisição de câmera de vídeo;
- ◇ 3: Medição realizada durante todo o ensaio;
- ◇ 4: Depende do nível de conhecimento e de habilidades específicas;
- ◇ 5: Registro em vídeo durante todo o ensaio;

- ✧ 6: Registro de vídeo (com áudio) durante as entrevistas;
- ✧ 7: Transcrição de áudio;
- ✧ 8: Acessar o manual *Test d'Attention Concentrée – D2*;
- ✧ 9: Depende da aquisição do BIOPAC e do software *AcqKnowledge* (ou equivalentes);
- ✧ 10: Depende da aquisição de câmera de vídeo que registre áudio;
- ✧ 11: Depende da aquisição do software *EmotAix*; e,
- ✧ 12 Depende da aquisição do software *CognitAix*.

Quadro 49: Guia para adoção de ferramentas

M2CH	Domínio	Ferramenta	Modo de aquisição	Critérios								Idioma
				Nível de facilidade		Tempo necessário		Recursos necessários		Habilidade específica		
				APL	AND	APL	AND	APL	AND	APL	AND	
Características da Situação	Usabilidade	WebQuest	Gratuita	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Não	Não	Não	Não	Português
	Perfil	POCUS	Gratuita	Alta	Média	Baixa	Média	Não	Não	Não	Não	Português
Características do Indivíduo	Personalidade	BF-50	Gratuita	Alta	Alta	Média	Baixa	Não	Não	Não	Não	-
	Atenção	D2	Paga	Alta	Alta	Baixa	Média	Sim <sup>7</sup>	Sim <sup>7</sup>	Não	Sim	Francês
Estado Funcional do Indivíduo	Alerta e Ansiedade	AD-ACL	Gratuita	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Não	Não	Não	Não	-
		Frequência Cardíaca	Obs. <sup>9</sup>	Alta	Baixa	Obs. <sup>3</sup>	Média / Alta <sup>4</sup>	Sim <sup>9</sup>	Sim <sup>9</sup>	Sim	Sim	-
	Carga de Trabalho	NASA-TLX	Gratuita	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Não	Não	Não	Não	-
EDA		Obs. <sup>9</sup>	Alta	Baixa	Obs. <sup>3</sup>	Média / Alta <sup>4</sup>	Sim <sup>9</sup>	Sim <sup>9</sup>	Sim	Sim	-	
Percepção da Situação	Estado Emocional	SAM	Gratuita	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Não	Não	Não	Não	-
		GEW	Gratuita	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Não	Não	Não	Não	-
		Expressões Faciais	Obs. <sup>2</sup>	Alta	Baixa	Obs. <sup>5</sup>	Alta	Sim <sup>2</sup>	Não	Não	Sim	-
		EmotAix	Obs. <sup>1</sup>	Baixa	Alta	Obs. <sup>6</sup>	Alta <sup>7</sup>	Sim <sup>10</sup>	Sim <sup>11</sup>	Sim	Não	Francês
Tomada de Decisão	Avaliação Cognitiva	GAQ	Gratuita	Média	Média	Média	Média	Não	Não	Não	Sim	-
		CognitAix	Obs. <sup>1</sup>	Baixa	Alta	Obs. <sup>6</sup>	Alta <sup>7</sup>	Sim <sup>10</sup>	Sim <sup>12</sup>	Sim	Sim	Francês

Legenda: APL = aplicação; AND = análise de dados; OBS. = Observação.

#### 4.7. Conclusão

A partir dos resultados obtidos com a análise realizada por especialistas em usabilidade e em psicologia cognitiva foi obtido um conjunto de informações relevante e úteis para a compreensão do comportamento humano. No entanto, a partir do estudo comparativo entre os dados não é possível definir um modelo padrão de comportamento, nem a correlação existente entre os elementos do M2CH. Além do que, os procedimentos comparativos de análise exigem tempo e esforço cognitivo dos analistas e estão sujeitos a falhas. A análise estatística de dados foi proposta e realizada a fim de compreender estas fragilidades. No entanto, é importante ressaltar que a dimensão do universo amostral adotado nesse experimento, que contou com sete usuários de teste, impossibilita que qualquer generalização seja feita com base nos resultados alcançados. O processamento estatístico realizado, embora contemple todos os dados coletados também não permitirá que inferências sejam feitas a partir dos resultados. A restrição do universo amostral se justifica pela especificidade do experimento no tocante ao contexto de uso do produto utilizado em avaliação. Essa característica não é exclusividade desse caso particular, mas pode ser percebida em outros contextos que envolvem situações críticas. Mesmo diante desta limitação, o experimento e seus resultados não podem ser desprezados. Além disso, considerando a abrangência das variáveis tratadas por PEOI, integrado ao M2CH, e a duplicidade de ferramentas que possibilitam a coleta de dados do mesmo domínio, tem-se um guia para a adoção de ferramentas de acordo com um conjunto de critérios. A aplicação do PEOI, e os resultados obtidos, afirmam a possibilidade de coletar informações de diferentes domínios e, em análise, correlacioná-las afim de que se tenha uma melhor compreensão da realização da tarefa em ambiente ou situações de risco.

## CAPÍTULO 6: CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

---

Neste capítulo são apresentadas as conclusões sobre a pesquisa realizada sob a ótica dos objetivos propostos e alcançados, destacando as contribuições do trabalho e finalizando com propostas de continuidade.

O objetivo desta pesquisa foi prover um arcabouço metodológico e ferramental capaz de apoiar o estudo do erro humano em sistemas (ou situações) críticos, visando ampliar o escopo das informações disponíveis. A pesquisa ocorreu no contexto da operação de sistemas elétricos, onde os relatórios do erro focalizam as atividades realizadas pelo operador e o efeito causado sobre o estado do sistema, não abordando informações sobre o estado emocional, cognitivo e fisiológico do operador durante a realização da tarefa, o qual por sua vez determina seu comportamento influenciando diretamente o resultado da atividade. Uma das dificuldades associadas à obtenção destas informações é a falta de um protocolo que permita obtê-las de forma objetiva e segura. Este trabalho se fundamentou na adoção de métodos e ferramentas adotados nos domínios de avaliação da usabilidade de produtos para realização de ensaios de avaliação e o domínio da psicologia aplicada para a observação da atividade humana.

Como resultado desta tem-se a elaboração e concepção do Protocolo Experimental para Observação da Interação (PEOI) – que consiste na descrição de etapas, processos e atividades, sistematizados em um fluxo de execução para guiar o planejamento, a execução, o registro, a análise e o relato da observação da interação. Na versão inicial do protocolo direciona-se a observação para a identificação dos elementos da interface que podem dificultar o processo interativo entre o usuário e o sistema utilizado na realização da tarefa, favorecendo a ocorrência de erros humanos.

A extensão do PEOI, do ponto de vista da psicologia, se fundamentou em um estudo que buscou identificar quais variáveis relacionadas ao perfil do indivíduo realizando uma atividade crítica, ao seu estado emocional, ao contexto no qual está inserido podem influenciar seu comportamento e conseqüentemente seu desempenho relacionado às métricas: ocorrência de erros, tempo de conclusão da tarefa, estado final da tarefa (concluída com êxito, interrompida,

etc.). Para apoiar este estudo foi elaborado um Modelo abstrato simplificado para Compreensão do Comportamento Humano (M2CH), composto por seis elementos inter-relacionados: características da situação, características e estado funcional do indivíduo, percepção da situação, tomada de decisão e desempenho [Aguiar et al. 2011a; Aguiar et al. 2011b].

Um conjunto de ferramentas adotado pela psicologia foi associado ao protocolo de modo a possibilitar a coleta dos dados considerado no M2CH. A integração de M2CH à PEOI não mudou sua estrutura geral (etapas e processos) nem seu fluxo de realização. A adaptação ocorreu a partir da inclusão de novas atividades aos processos e na incorporação de novos artefatos e ferramentas para auxiliar a coleta e análise dos novos dados de interesse.

Ao longo de sua elaboração, o protocolo foi aplicado em diferentes contextos, além da observação do comportamento humano. Na sua versão atual, a qual contempla a observação do comportamento humano, o protocolo foi aplicado em um estudo de caso o qual focalizou a interação entre usuários e um produto durante a simulação de uma situação crítica.

O experimento, realizado no Centro de Pesquisa de Psicologia da Cognição, Linguagem e Emoção (*PsyCLÉ*) da *Université de Provence*, França, possibilitou a avaliação do protocolo em sua nova versão, no tocante à viabilidade de execução do fluxo de atividades, à qualidade e utilidade dos artefatos gerados e, à execução dos papéis e responsabilidades dos envolvidos no processo. Visando explorar o caráter experimental da aplicação do PEOI foram adotadas mais de uma ferramenta para a coleta de dados pertencentes ao mesmo domínio do M2CH. O objetivo foi avaliar comparativamente a adequação e eficácia destas ferramentas, visando selecionar dentre elas um subconjunto para compor o ferramental associado à nova versão do protocolo.

No entanto, em situações de observação do trabalho, fora do contexto da pesquisa acadêmica, faz-se necessário adotar um conjunto de ferramentas que atenda aos critérios relativos ao tempo disponível para a coleta e análise dos dados e aos recursos humanos e materiais (equipamentos) disponíveis, ao escopo e ao objetivo da observação, etc. Portanto, foi proposto um guia para seleção das ferramentas adequadas a instâncias específicas de aplicação do protocolo.

É importante considerar que a natureza da tarefa de teste e os fatores de estresses típicos da situação a ser replicada são base para a elaboração do cenário de teste e deve, também, ser

apoiada pelos relatórios de acidentes e incidentes de erros humanos – específico para o contexto em investigação.

Um estudo de caso foi elaborado para aplicação do protocolo considerando a correlação entre as variáveis do modelo M2CH, visando identificar quais destas influenciam no desempenho do usuário ao realizar uma tarefa. As correlações entre os blocos de M2CH embasaram o processamento estatístico realizado neste trabalho na definição de um conjunto de hipóteses investigadas. Os gráficos de dispersão foram utilizados para se obter a relação (linear ou não linear) entre os preditores e as variáveis de resposta de cada hipótese. Em seguida, o modelo de regressão foi aplicado entre as variáveis a fim de se obter uma concretização do M2CH, ou seja, na identificação de quanto uma variável pode interferir em outra. Como objetivo final do estudo obteve-se a identificação da relação entre as características do indivíduo, da situação na qual está inserido e do seu estado no seu desempenho – ocorrência ou não de erro humano. Embora exista a limitação do tamanho do universo amostral participante do estudo de caso e os resultados da análise estatística sejam insuficientes para que inferências ou generalizações sejam feitas, a possibilidade de coletar as informações e utilizá-las na análise é suficiente, por instante, como avaliação da integração do PEOI ao modelo M2CH.

Sendo assim, de acordo com as ideias iniciais que nortearam a elaboração e execução deste trabalho, é possível aceitar como satisfatórios os resultados obtidos com sua finalização. No entanto, se reconhecem os limites em torno dos resultados obtidos sobre o erro humano, a partir da observação da interação com as ferramentas durante a execução da tarefa em um sistema (ou situação) crítico. Sendo assim, foram identificadas algumas direções para trabalhos futuros:

I. Instanciar e aplicar PEOI considerando um universo amostral representativo (> 39) com base no estudo do poder estatístico *a-priori*, para regressão múltipla, apresentado no capítulo anterior; de modo que o processamento estatístico permita realizar inferências sobre quais as variáveis do perfil do usuário e do seu comportamento que mais exercem influência no seu desempenho – com foco na ocorrência de erros humanos. Com os resultados obtidos se torna possível:

i. Aprimorar o modelo programável do usuário [Scherer et al. 2010a; Scherer et al. 2012; Netto et al. 2009] ampliando sua abrangência ao incorporar as variáveis definidas para o M2CH, como elementos do modelo. A partir de então

será possível adotá-lo enquanto mais uma ferramenta auxiliar ao estudo do erro humano – enquanto um modelo que simula o comportamento dos usuários para cenários de acidentes pré-definidos, a serem investigados;

ii. Associar o Modelo para Compreensão do Comportamento Humano (M2CH) os pesos de influência que cada variável exerce sobre o desempenho do usuário e integra-lo ao Método para Concepção de Interfaces Ergonômicas (MCIE) [Vieira 2004] com o intuito de apoiar o projeto de interfaces que minimizem a ocorrência do erro humano;

II. Elaborar uma sistemática de recomendações a partir dos resultados da aplicação do PEOI, indicando quais aspectos do processo interativo devem ser revistos a fim de reduzir a ocorrência do erro, a exemplo de: realizar treinamento; aprimorar recrutamento evitando traços de personalidade inadequados à ocupação de uma função específica, reprojeter o componente da interface de um sistema crítico, modificar práticas operacionais inadequadas (com supervisão, em pares, etc.), dentre outras;

III. Especificar e desenvolver um ambiente computacional de apoio à aplicação do PEOI que integre o conjunto de ferramentas necessário à sua aplicação. Neste ambiente devem ser oferecidos recursos que facilitem a instânciação, planejamento, a aplicação, o registro de dados e a elaboração de diagnósticos da observação da interação.

Dado que o principal objetivo desta pesquisa foi prover um arcabouço metodológico e ferramental capaz de apoiar o estudo do erro humano em sistemas críticos, visando ampliar o escopo das informações tipicamente analisadas para sua compreensão, pode-se afirmar que a sistematização do arcabouço em um protocolo experimental foi alcançada. A avaliação do protocolo a partir de sua aplicação na coleta de dados que possam auxiliar no estudo do erro, também pode ser considerada uma meta alcançada; dado que a partir do estudo de caso apresentado, pode-se evidenciar a adequação do protocolo à coleta dos dados pretendidos. Por outro lado, o objetivo de favorecer a compreensão do erro humano a partir da análise destes dados, ainda não foi alcançado uma vez que a análise estatística foi limitada pelo número de participantes no experimento. No entanto, apesar desta limitação na abrangência dos resultados alcançados, pode-se mencionar como contribuição deste trabalho o protocolo experimental resultante, o qual possibilitará dar continuidade a esta pesquisa e aprofundar a análise pretendida no contexto da análise do erro humano.

## PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA

---

### 2012

SCHERER, D.; Ademar V. S. Netto; Yuska P. Aguiar; VIEIRA, M. F. Q.. Programming a User Model with Data Gathered from a User Profile. *Cognitively Informed Intelligent Interfaces: Systems Design and Development*. Pennsylvania: IGI Global, 2012, v. , p. 235-257.

### 2011

AGUIAR, Y. P. C.; VIEIRA, M. F. Q; GALY, E.; MERCANTINI, J-M; SANTONI, Charles. Refining a user behaviour model based on the observation of emotional states. In: *Third International Conference on Advanced Cognitive Technologies and Applications - COGNITIVE, 2011, Rome*. Proceedings of the Third International Conference on Advanced Cognitive Technologies and Applications, 2011.

AGUIAR, Y. P. C.; VIEIRA, M. F. Q; GALY, E.; MERCANTINI, J-M; SANTONI, Charles . Extending a user observation protocol to account for psychological traits. In: *IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems, 2011, Rome*. Proceedings of the IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems, 2011.

LIMA, A. C. O.; VIEIRA, M. F. Q; TORRES FILHO, F.; AGUIAR, Y. P. C.; SANTONI, Charles . Proposta de um protocolo experimental para a avaliação da acessibilidade de produtos. In: *VI Congreso Iberoamericano de tecnologías de apoyo a la discapacidad, 2011, Palma de Mallorca*. Libro de actas VI Congreso Iberoamericano de tecnologías de apoyo a la discapacidad, 2011. v. 1. p. 367-375.

### 2010

SCHERER, D.; Ademar V. S. NETTO; VIEIRA, M. F. Q; AGUIAR, Y. P. C. . Programming a user model with data gathered from a user profile. In: *IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems, 2010, Freiburg*. Proceedings of the IADIS International Conferences Interfaces and Human Computer Interaction and Game and Entertainment Technologies, 2010. p. 139-146.

NASCIMENTO NETO, J. A. do; AGUIAR, Y. P. C.; VIEIRA, M. F. Q . Operação de Subestações: do treinamento à prevenção do erro. In: *Congresso Brasileiro de Automática, 2010, Bonito*. XVIII Congresso Brasileiro de Automática, 2010.

LIMA, A. C. O.; AGUIAR, Y. P. C.; VIEIRA, M. F. Q . Experimental Protocol for accessibility Evaluation. In: IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems, 2010, Freiburg. Proceedings of the IADIS International Conferences Interfaces and Human Computer Interaction and Game and Entertainment Technologies, 2010.

**2009**

ADEMAR V. S. NETTO; AGUIAR, Y. P. C.; SCHERER, D.; VIEIRA, M. F. Q. . Context Analysis During Task Execution: An Operator Model. In: IADIS International Conference Interfaces and Human Computer Interaction 2009, 2009, Algarve, Portugal. Proceedings of IADIS International Conference Interfaces and Human Computer Interaction 2009, 2009. p. 113-120.

AGUIAR, Y. P. C.; ADEMAR V. S. NETTO; SCHERER, D.; VIEIRA, M. F. Q. . Modelagem do Comportamento de Operadores de Subestação Durante a Realização da Tarefa. In: IX SBAI (Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente), 2009, Brasília- DF. Anais do IX SBAI (Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente), 2009.

AGUIAR, Y. P. C.; VIEIRA, M. F. Q. . Proposal of a protocol to support product usability evaluation. In: Fourth IASTED International Conference Human-Computer Interaction, 2009, St. Thomas, US Virgin Islands. Proceedings of Fourth IASTED International Conference Human-Computer Interaction, 2009.

## REFERÊNCIAS

---

---

- ABDESSLEM, S., BOUDES, N., BRESSOLLE, M. C., CAPSIE, C., CORREDOR, A. F., LEROUX, M., et al. (1999). Le cadre conceptuel pour le recueil et l'analyse des données [The conceptual frame for data collection and analysis] (No. R98 842/ICC). Toulouse, France: Centre d'Etudes de la Navigation Aérienne.
- AGUIAR, Y. P. C. (2009), Formalização de um protocolo experimental para observação do usuário em ambientes de automação do ponto de vista da usabilidade do produto. Relatório de Projeto de Doutorado 1 submetido à Coordenação dos Cursos de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, Março de 2009.
- AGUIAR, Y. P. C.; VIEIRA, M. F. Q. (2009). Proposal of a protocol to support product usability evaluation. In: Fourth IASTED International Conference Human-Computer Interaction, 2009, St. Thomas, US Virgin Islands. Proceedings of Fourth IASTED International Conference Human-Computer Interaction, 2009.
- AGUIAR, Y. P. C.; VIEIRA, M. F. Q; GALY, E.; MERCANTINI, J-M; SANTONI, Charles (2011a). Refining a user behaviour model based on the observation of emotional states. In: Third International Conference on Advanced Cognitive Technologies and Applications - COGNITIVE, 2011, Rome. Proceedings of the Third International Conference on Advanced Cognitive Technologies and Applications, 2011.
- AGUIAR, Y. P. C.; VIEIRA, M. F. Q; GALY, E.; MERCANTINI, J-M; SANTONI, Charles (2011b). Extending a user observation protocol to account for psychological traits. In: IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems, 2011, Rome. Proceedings of the IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems, 2011.
- ANDERSEN, V., BOVE, T. (2000), "A feasibility study of the use of incidents and accidents reports to evaluate effects of team resource management in air traffic control", Safety Science, Vol. 35 pp.87-94.
- BARRICK, M. R., & MOUNT, M. K. (1991). The big five personality dimensions and job performance: A meta-analysis. Personnel Psychology, 44, 1-26.

- BERNTSON, G.G., QUIGLEY, K.S., & LOZANO, D. (2007). Cardiovascular Psychophysiology. In J.T. Cacioppo, L.G. Tassinary, & G.G. Berntson, (Eds.). *Handbook of Psychophysiology* (3rd edition; pp. 182-210). Cambridge, UK: Cambridge University Press
- BES, M.-o. (1999). A case study of a human error in a dynamic environment. *Interacting with Computers*, 11, 525-543.
- BRICKENKAMP, R. (1994) *Test d'Attention Concentré*. Hogrefe-Verlag GmbH & Co. KG, Göttingen, disponible en: <http://www.hogrefe.fr/site/?/test/show/6/> en juin 2012.
- BRÜNKEN, R., PLASS, J., & LEUTNER, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38, 53-61
- CARIOU, M., GALY, E., & MÉLAN, C. (2008). Differential 24-h variations of alertness and subjective tension in process controllers: investigation of a relationship with body temperature and heart rate. *Chronobiology International*, 25 (4), 597-607.
- COHEN, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (second ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- CHI, C. F., & LIN, F.T. (1997). A new method for describing search patterns and quantifying visual load using eye movement data. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19 (3), 249-257
- CLARA 2 Consortium (2006-2010) École des Mines d'Alès, le Cèdre, IFREMER, Météo France, IRSN, TOTAL, EADS, Géocéan, UBO, INERIS, SDIS 30, Préfecture Maritime de la Méditerranée, le CEPPOL, LSIS. Projet ANR, 2006-2010.
- COLLET, C., AVERTY, P., & DITTMAR, A. (2009). Autonomic nervous system and subjective ratings of strain in air-traffic control. *Applied Ergonomics*, 40, 23-39
- CONARD, M. A., MATTHEWS, R. A. (2008) Modeling the stress process: Personality eclipses dysfunctional cognitions and workload in predicting stress. *Personality and Individual Differences*, Volume 44, Issue 1, January 2008, Pages 171-181
- COX-FUENZALIDA, L. E., SWICKERT, R., HITTNER, J. B. (2004) Effects of neuroticism and workload history on performance. *Personality and Individual Differences*, Volume 36, Issue 2, January 2004, Pages 447-456

- De WAARD, D. (1996). *The Measurement of Drivers' Mental Workload.*, University of Groningen, Groningen.
- DEMIR, E., DESMET P.M.A., & HEKKERT, P. (2009). Appraisal Patterns of Emotions in Human-Product Interaction. *International Journal of Design*, 41-51
- DINIZ, R.L. Avaliação das demandas físicas e mental no trabalho do cirurgião em procedimentos eletivos. Tese de doutorado programa de pós-graduação em Engenharia da produção - UFRGS - Porto Alegre, 2003
- DUMAS, J. S.; REDISH, J. C. *A Practical Guide to Usability Testing.* Ablex Publishing Corporation, Norwood, New Jersey, 1993.
- EKMAN & FRIESEN (1978). *Facial action coding system: A technique for the measurement of facial movement.* Palo Alto, Ca.: Consulting Psychologists Press, 1978.
- ELIAS, N (1987). *On human beings and their emotions: a process-sociological essay.* Theory, Culture & Society (SAGE, London, Newbury Park Beverly Hills and New Delhi), vol.4 1987.
- ENDLER, N. S., KOCOVSKI, N. L. (2001) State and trait anxiety revisited. *Journal of Anxiety Disorders*, Volume 15, Issue 3, May–June 2001, Pages 231-245
- FARIAS, C. B. de A. (2000). *Testes de Usabilidade para Planejamento de Sistemas Distribuídos de Informações Geográficas na Web.* 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal da Paraíba, 2000.
- FERREIRA, D. de S. (2007) *Abordagem Híbrida para Avaliação da Usabilidade de Dispositivos Moveis.* 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Campina Grande, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
- FERREIRA, D. de S.; BARRETO NETO, J. P. ; AGUIAR, Y. P. C. ; TURNELL, M. F. Q. V. (2006) . *Avaliação Multidimensional do JEMS.* In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES HUMANOS EM SISTEMAS COMPUTACIONAIS, 2006. Natal – Brasil: IHC 2006. Anais do IHC 2006 - Simpósio sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais, 2006.
- FOURNIER, L.R., WILSON, G.F., & SWAIN, C.R. (1999). Electrophysiological, behavioral, and subjective indexes of workload when performing multiple tasks: manipulations of task difficulty and training. *International Journal of Psychophysiology*, 31, 129–145

- GALY, E., CARIOU, M., & MÉLAN, C. (2012). What is the relationship between mental workload factors and cognitive load types? *International Journal of Psychophysiology*, 83, 269-275.
- GALY, E., MÉLAN, C. & CARIOU, M. (2006). Alertness and tension in air traffic controllers: Investigation of time of day, time on duty and workload. 27th Conference of the European Association of Aviation Psychology, Berlin, pp. 96-102
- GANDER, P. H. (2001) Fatigue management in air traffic control: the New Zealand approach. *Transportation Research Part F 4* (2001), pp. 49–62.
- GOLDBERG, L. R. (1993). The structure of phenotypic personality traits. *American Psychologist*, 48, 26-34, 1993.
- GOULART, I. B., SAMAPAI, J. dos R., (1998) *Psicologia do trabalho e gestão de recursos humanos: estudos contemporâneos/Iris Barbosa Goulart, Jáder dos Reis Sampaio organizadores*. - São Paulo: Casa do Psicólogo, 1998.
- GUERRERO, C. V. S.; TURNELL, M. F. Q. V.; MERCANTINI, J.; SANTONI, C. (2008). A Process for Human Centered Modelling of Incident Scenarios. *Lecture Notes in Computer Science*, v. 5298, p. 439-458, 2008
- GUERRERO, C.V.S.; VIEIRA, M. F. Q.; MERCANTINI, J.M.; CHOURAQUI, E. ; VIEIRA F. A. Q. ; PEREIRA M. R. B. Human Centred Modelling of Incident Scenarios. In: *International Conference on Systems, Man and Cybernetics - IEEE SMC 2004*, 2004, The Hague - The Netherlands. *Proceedings of IEEE SMC 2004*, 2004.
- GUIMARAES, L. (2004) *Processamento da Informação, Erro Humano, IHC. Serie Monográfica Ergonomia, Ergonomia Cognitiva, 2º Edição*.
- HART, S.G., & STAVELAND, L.E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): results of empirical and theoretical research. In: P.A., Hancock, & N., Meshkati (Eds.), *Human Mental Workload*. Elsevier Science Publisher B.V.: Amsterdam, pp. 139–183.
- IIDA, I. (2005). *Ergonomia; Projeto e Produção - 2ª edição*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. v. 1. 614 p.
- JOHN, O. P., NAUMANN, L. P., & SOTO, C. J. (2008). Paradigm Shift to the Integrative Big-Five Trait Taxonomy: History, Measurement, and Conceptual Issues. In O. P. John, R. W.

- Robins, & L. A. Pervin (Eds.), *Handbook of personality: Theory and research* (pp. 114-158). New York, NY: Guilford Press.
- JOHNSON, W. B.; ROUSE, W. B. (1982) Analysis and classification of human errors in troubleshooting live aircraft power plants. *IEEE Transactions on Systems, Man, & Cybernetics*, Vol 12(3), May-Jun 1982, 389-393
- KNIGHT, J.C. (2002) Safety-critical systems: challenges and directions (invited mini-tutorial). In: *Proc. ICSE'2002: 24th International Conference on Software Engineering*, pp. 547-550. ACM, New York (2002)
- KREIBIG, S. D. (2010) Autonomic nervous system activity in emotion: a review. *Biological Psychology*, Volume 84, Issue 3, July 2010, Pages 394-421
- LANG, P. J., GREENWALD, M. K., BRADLEY, M. M., and HAMM, A. O (1993). Looking at pictures: Affective, facial, visceral, and behavioral reactions. *Psychophysiology*, 30 (1993), 261-273.
- LATCHIMY, I., PIOLAT, A., ALIDAL, E., CADET, K., & BISET, C. (2011). *Prise de décision en situation de dilemme. Aspects cognitifs et émotionnels. Rapport technique de l'Université de Provence, Aix en Provence.*
- LAZARUS, Richard S. (1984), Susan Folkman. *Stress, Appraisal, and Coping*. Springer Publishing Company, 1984.
- LEPLAT, J.; CUNY, X. (1977), *Introdução à Psicologia do Trabalho*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian., 1977.
- LI, K., WIERINGA, P. A. (2000) Understanding perceived complexity in human supervisory control," in *Cognition, Technol. Work*, 2000, vol. 2, pp. 75-88
- LIMA, A. C. O. (2012) *Abordagem metodológica híbrida para avaliação da usabilidade de recursos de acessibilidade para deficientes visuais*. Tese de doutorado programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG – Campina Grande, 2012
- LIMA, A. C. O.; AGUIAR, Y. P. C.; VIEIRA, M. F. Q (2010). Experimental Protocol for accessibility Evaluation. In: *IADIS Multi Conference on Computer Science and Information*

- Systems, 2010, Freiburg. Proceedings of the IADIS International Conferences Interfaces and Human Computer Interaction and Game and Entertainment Technologies, 2010.
- LIMA, A. C. O.; VIEIRA, M. F. Q; TORRES FILHO, F.; AGUIAR, Y. P. C.; SANTONI, Charles (2011) . Proposta de um protocolo experimental para a avaliação da acessibilidade de produtos. In: VI Congreso Iberoamericano de tecnologías de apoyo a la discapacidad, 2011, Palma de Mallorca. Libro de actas VI Congreso Iberoamericano de tecnologías de apoyo a la discapacidad, 2011. v. 1. p. 367-375.
- LOPES, R. M. F., NASCIMENTO, R. F. L. DO; BANDEIRA, D. R. (2005) Avaliação do transtorno de déficit de atenção/hiperatividade em adultos (TDAH): uma revisão de literatura. Avaliação Psicológica versão On-line ISSN 2175-3431, disponível em: [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?pid=S1677-04712005000100008&script=sci\\_arttext](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?pid=S1677-04712005000100008&script=sci_arttext), acesso em: Agosto de 2012
- MAHLKE, S. & LINDGAARD, G. (2007). Emotional Experiences and Quality Perceptions of Interactive Products. In J. Jacko (Ed.) Human-Computer Interaction, Part I, HCII, LNCS 4550 (p.164-173). Berlin: Springer.
- MAHLKE, S., MINGE, M., THÜRING, M. (2006) Measuring multiple components of emotions in interactive contexts, CHI extended abstracts on Human factors in computing systems, Montréal, Québec, Canada
- MARCHIONINI, G. (2001) Protocol for Usability Testing. Disponível em: <[http://ils.unc.edu/~march/courses/357\\_f01/Protocol-detail.010926.htm](http://ils.unc.edu/~march/courses/357_f01/Protocol-detail.010926.htm)>. Acesso em: Março de 2008
- MAYHEW, D. J. (1999) The usability engineering lifecycle: a practitioner's handbook for user interface design, San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- MÉLAN, C., GALY, E., & CARIOU, M. (2007). Mnemonic processing in air traffic controllers: effects of task parameters and work organization. The International Journal of Aviation Psychology, 17 (4), 391–409.
- MERCANTINI J.-M., GUERRERO C.V.S, FREITAS D.D. de (2010), Designing a Software Tool to Plan Fight Action Against Marine Pollutions. The 7th International Mediterranean and Latin American Modeling Multiconference, October 13-15 2010, Fes, Morocco

- MILLER, S. (2001) Literature review - Workload Measures. Relatório Técnico do National Advanced Driving Simulator. The University of Iowa. Disponível em: <http://www.nads-sc.uiowa.edu/publications.php?specificPub=N2001-006>, acesso em: Agosto de 2012
- NASCIMENTO NETO (2009). Processo para concepção de estratégias para prevenção do erro na operação de sistemas elétricos. Tese de doutorado programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG – Campina Grande, 2009.
- NASCIMENTO NETO, J. A. do; AGUIAR, Y. P. C.; VIEIRA, M. F. Q (2010). Operação de Subestações: do treinamento à prevenção do erro. In: Congresso Brasileiro de Automática, 2010, Bonito. XVIII Congresso Brasileiro de Automática.
- NETTO, A. V. S; AGUIAR, Y. P. C.; SCHERER, D.; VIEIRA, M. F. Q. (2009). Context Analysis During Task Execution: An Operator Model. In: IADIS International Conference Interfaces and Human Computer Interaction 2009, 2009, Algarve, Portugal. Proceedings of IADIS International Conference Interfaces and Human Computer Interaction 2009, 2009. p. 113-120.
- NIELSEN, J. (1994) “Usability Engineering”. Morgan Kaufmann
- NIGAM, A. (2001). Usabilidade de Produtos de Suporte para o Desenvolvimento de Aplicações de Banco de Dados. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal da Paraíba, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
- NUNES, M. A. 2012. Computação Afetiva personalizando interfaces, interações e recomendações de produtos, serviços e pessoas em Ambientes comutacionais. In: Nunes, M.; Oliveira, A.A.; Ordonez, E.D.M. (Org.). DCOMP e PROCC: Pesquisas e Projetos 2012, p. 115-151.
- OLIVEIRA, R. C. L. de (2005) WebQuest: Uma Ferramenta Configurável para a Sondagem da Satisfação do Usuário via Web. 2005. Dissertação (Mestrado em Mestrado em Informática) - Universidade Federal de Campina Grande.
- PAAS, F.G.W.C. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem solving skill in statistics: a cognitive load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84, 429–434.
- PICARD, R. W. (1997) *Affective Computing*. MIT Press, Cambridge, MA, USA.

- PIOLAT, A., & BANNOUR, R. (2009). EMOTAIX: Un Scénario de Tropes pour l'identification automatisée du lexique émotionnel et affectif. *L'Année Psychologique*, 109, 657-700
- PREECE, J., ROGERS, Y. & SHARP, H. (2007) *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. 2nd Edition, 2007.
- QUEIROZ, J. E. R. de. (2001) *Abordagem Híbrida para a Avaliação da Usabilidade de Interfaces com o Usuário*. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2001.
- RACHED, T. (2010) *Arcabouço de Software para Auxiliar no Desenvolvimento de Sistemas Interface Cérebro-Computador Pervasivos*. Dissertação de mestrado programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG – Campina Grande, 2010.
- RASMUSSEN, J., PEDERSEN, O.M., MANCINI, G., CARNINO, A., GRIFFON, M., GAGNOLET, P (1981). Classification system for reporting events involving human malfunctions. In: Relatório RISO-M-2240. RISO National Laboratory. Dinamarca. Março. 1981
- REDISH, G (2007). Expanding Usability Testing to Evaluate Complex Systems. *Journal of Usability Studies*, Volume 2, Issue 3, May 2007, pp. 102-111
- ROTHBLUM A.M., WHEAL D., WITHINGTON S., SHAPPELL S.A., WIEGMANN D.A., BOEHM W., CHADERJIAN M. (2002). Human Factors in Incident Investigation and Analysis. Proceedings of the 2nd International Workshop on Human Factors in Offshore Operations (HFW200), held April 8-10, 2002, in Houston, TX.
- SAMPAIO, G. M. C. (2002) *Compreensibilidade de textos contínuos em interfaces gráficas*. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal da Paraíba.
- SANTONI, C.; MERCANTINI, J. M. ; VIEIRA, M. F. Q. ; SCAICO, A. ; NASCIMENTO NETO, J. A. (2007) A real-time interface simulator for operator's training: a proposed architecture. In: 2007 Summer Simulation Multiconference, 2007, San Diego. Proceedings of the SCSC 2007. San Diego CA USA: The Society for Modeling and Simulation International, 2007. v. 1. p. 460-467.

- SCHERER K. R. (2001). Appraisal Considered as a Process of Multi-Level Sequential Checking; in K. R. Scherer, A. Schorr, & T. Johnstone (Eds.) *Appraisal Processes in Emotion: Theory, Methods, Research*. New York and Oxford: Oxford University Press, pp. 92-120
- SCHERER, D. (2010) *Investigação da relação entre o contexto de trabalho, o comportamento do operador e a ocorrência de erro, em ambientes de automação de subestações elétrica*. Tese de doutorado programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG – Campina Grande, 2010.
- SCHERER, D.; A V. S. NETTO; Y. P. AGUIAR; VIEIRA, M. F. Q. (2012). Programming a User Model with Data Gathered from a User Profile. *Cognitively Informed Intelligent Interfaces: Systems Design and Development*. Pennsylvania: IGI Global, 2012, v. , p. 235-257
- SCHERER, D.; A. V. S. NETTO; VIEIRA, M. F. Q; AGUIAR, Y. P. C. (2010a). Programming a user model with data gathered from a user profile. In: *IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems, 2010, Freiburg*. Proceedings of the IADIS International Conferences Interfaces and Human Computer Interaction and Game and Entertainment Technologies, 2010. p. 139-146
- SCHERER, D.; COSTA, R. C. da; VIEIRA, M. F. Q. (2010b). Taxonomy proposal for the description of accidents and incidents in the electrical systems operation. In: *ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems, 2010, Berlin*. Proceedings of the 2nd ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems (EICS'10). New York: Association for Computing Machinery (ACM), 2010. v. 01. p. 155-164.
- SCHERER, D.; VIEIRA, M. F. Q. (2008) Accounting for the Human Error when Building the User Profile. In: *Third IASTED International Conference Human-Computer Interaction, 2008, Innsbruck*. Proceedings of Third IASTED International Conference Human-Computer Interaction. Zurich: ACTA Press, 2008. v. 1. p. 132-137
- SCHERER, K. R. (2005). What are emotions? And how can they be measured? *Social Science Information*, 44, 695–729
- SCHERER, K. R. (2009). The dynamic architecture of emotion: evidence for the component process model. *Cognition and Emotion* 23: 1307–1351.

- SCHERER, K.R. (2004). Feelings integrate the central representation of appraisal-driven response organization in emotion. In A.S.R. Manstead, N.H. Frijda, & A.H. Fischer (Eds.), *Feelings and emotions: The Amsterdam symposium* (pp.136-157). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- SZALMA, J. L. (2009) Individual differences in performance, workload, and stress in sustained attention: Optimism and pessimism. *Personality and Individual Differences*, Volume 47, Issue 5, October 2009, Pages 444-451
- SZTAJZEL, J. (2004), Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. *Swisse med wkly* 2004; 134:514-522
- TAYARI, I., LE THANH, N (2009) "Modélisation des états émotionnels par un espace vectoriel multidimensionnel" Research Report
- THAYER, R. E. (1985). Activation (arousal): The shift from a single to multidimensional perspective. In J. Strelau, T. Gale, & F. Farley (Eds.), *Biological bases of personality and behavior*. Washington, D.D.: Hemisphere, pp. 115-127
- THAYER, R. E. (1986). The Activation-Deactivation Adjective Check List: Current overview and structural analysis. *Psychological Reports*, 58, 607-614
- THAYER, R.E. (1987). Problem perception, optimism, and related states as a function time of day (diurnal rhythm) and moderate exercise: Two arousal systems in interaction. *Motivation and Emotion*, 11 (1), 19-36
- van EEKHOUT, J. M., & W. B. ROUSE (1981). Human Errors in Detection, Diagnosis, and Compensations for Failures in the Engine Control Room of a Supertanker. *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics*, 1981, 12 ed., pp. 813-816
- VIEIRA, M. F. Q. (2004). Accounting for Human Errors in a Method for the Conception of User Interfaces. In: *International Mediterranean Modeling MultiConference - I3M'04, 2004, Genoa, Italy*. Proceedings of I3M'04. Bergeggi Itália. v. 1. p. 122-130
- VIEIRA, M. F. Q.; QUEIROZ, J. E. R. de; OLIVEIRA, R. C. L. de (2005). Webquest: a configurable web tool to prospect the user profile and user subjective satisfaction. In: *11th International Conference on Human-Computer Interaction, 2005, Las Vegas - Nevada*. HCII 2005. Las Vegas - Nevada: MIRA Digital Publishing, 2005

- WEINGER, M. B., VREDENBURGH, A. G., SCHUMANN, C. M., MACARIO, A. et al (2000) Quantitative description of the workload associated with airway management. *Journal of Clinical Anesthesia* 12:273–282, 2000.
- WICKENS, C. D., MAVOR, A. S., & MCGEE, J. P. (1997). *Flight to the future: Human factors in air traffic control*. Washington, DC: National Academy Press.
- WISNER, A. (1987), *Por dentro do trabalho*. Ergonomia: Método e Técnica. Editora FTA, 1987.
- XIANG, F., XUHONG, H., BINGQUAN, Z. (2008) Research of psychological characteristics and performance relativity of operators. *Reliability Engineering & System Safety*, Volume 93, Issue 8, August 2008, Pages 1244-1249

## ANEXO A – Telas de GENEPI

---

---

- Tela inicial onde o usuário escolhe a opção de gerar plano de intervenção (*Génération d'un plan d'intervention*) (Figura 9);
- Campos para preenchimento com as informações sobre o navio acidentado: nome e tipo do navio, tipo do carburante e da carga, e problemas (*nom et type du navire, carburant, cargaison et avaries*) (Figura 10);
- Campos para preenchimento das informações sobre o acidente: tipo, nível de importância, consequências, data, hora e localização (nome do lugar, zona e coordenadas X e Y) da ocorrência do acidente (*type, niveau d'importance, conséquences, date, heure et localisation (nome du lieu, zone, coordonnées X et Y)*) (Figura 11);
- Campos a serem preenchidos com as informações sobre a poluição, seja química ou de petróleo, no mar, na terra e no navio (*chimique et/ou pétrolier, dans la mer, la terre et le navire*) (Figura 12);
- Informações sobre as condições da meteorologia, do oceano e temporais (*météorologiques, océanographiques et temporelles*) também devem ser informadas pelo operador (Figura 13);
- Informações geográficas do local poluído (Figura 14);
- Informações sobre a ambiente econômico e ecológico envolvido (*environnements économiques et écologiques*) (Figura 15)
- Depois da confirmação dos dados, o usuário chega na tela (Figura 16) onde é possível escolher dentre quatro listas<sup>82</sup> de ação: 1) critérios preenchidos, 2) ao menos um critério não pode ser avaliado e 3) ao menos um critério não pode ser satisfeito.
- O objetivo no uso de GENEPI é de chegar à tela final e ter a terceira lista vazia – quando será possível ter o plano de intervenção gerado.

---

<sup>82</sup> A quarta lista não estava disponível no momento de realização do teste – em fase de desenvolvimento.

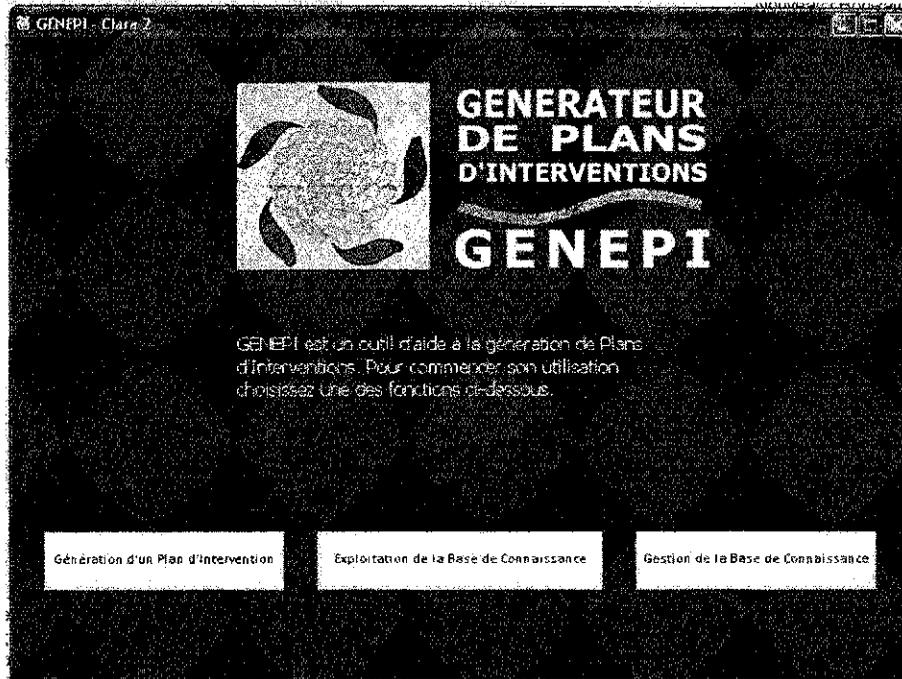


Figura 9: GENEPI Tela inicial

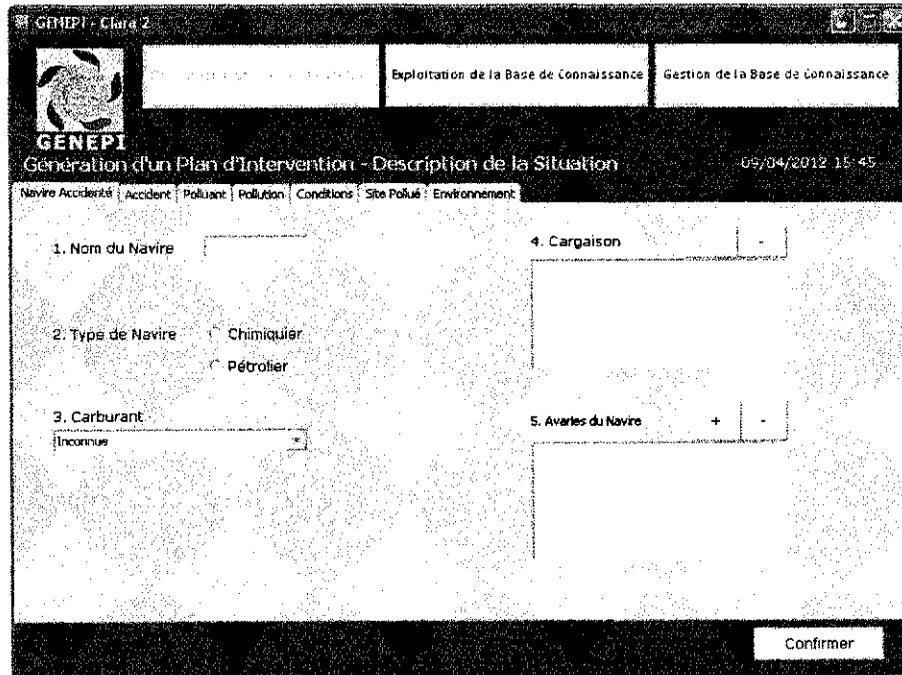


Figura 10: GENEPI Navio acidentado

GENEPI - Clara 2

Exploitation de la Base de Connaissance    Gestion de la Base de Connaissance

**GENEPI**

Génération d'un Plan d'Intervention - Description de la Situation    09/04/2012 15:45

Navire Accidenté    Accident    Polluant    Pollution    Conditions    Site Pollué    Environnement

1. Description de l'Accident

Type: [ + ] [ - ]

Consequences: [ + ] [ - ]

3. Date de l'Accident: 1 / Janvier / 2012

4. Heure de l'Accident: 00 : 00

5. Localisation de l'Accident

Nom du Lieu: [ ]

Zone: [ Inconnu ]

Coordonnée X: [ ]

Coordonnée Y: [ ]

2. Niveau d'Importance

Faible

Moyen

Exceptionnel

Confirmer

Figura 11: GENEPI Accidente

GENEPI - Clara 2

Exploitation de la Base de Connaissance    Gestion de la Base de Connaissance

**GENEPI**

Génération d'un Plan d'Intervention - Description de la Situation    09/04/2012 15:45

Navire Accidenté    Accident    Polluant    Pollution    Conditions    Site Pollué    Environnement

Mer [ ] Terre [ ] Mer [ ] Navire [ ]

1. Localisation

Nom du Lieu: [ ]

Zone: [ ]

Coordonnée X: [ ]

Coordonnée Y: [ ]

2. Forme de la pollution

3. Viscosité de la pollution

Viscosité (cst): [ ]

Qualitative: [ Inconnu ]

4. Dissipation du polluant: [ Inconnu ]

Confirmer

Figura 12: GENEPI Poluição

GENEPI - Clara 2

GENEPI

Exploitation de la Base de Connaissance    Gestion de la Base de Connaissance

09/04/2012 15:45

Navire Accidenté | Accident | Polluant | Pollution | Conditions | Site Pollué | Environnement

Condition: Conditions

Generación d'un Plan d'Intervention - Description de la Situation

Conditions Meteorologiques		Conditions Oceanographiques	
1. Temperature de l'air (C°)		1. Temperature de l'eau (C°)	
2. Vitesse du Vent		2. Courants Marins (vitesse)	
Force	0	3. Courants Marins (direction)	Inconnu
Tenne	Calm	4. Courants Marins (description)	Inconnu
Vitesse en Noeuds	Moins de 1	5. Etat de la mer	
3. Direction du Vent	Inconnu	Force	0
4. Humidité de l'air	Inconnu	Descriptif	Calm
5. Visibilité	Inconnu	Houle (m)	0
6. Prévision Météo		<b>Conditions Temporelles</b>	
		1. Période de la journée	Inconnu

Confirmer

Figura 13: GENEPI Condições meteorológicas, oceanográficas e de tempo

GENEPI - Clara 2

GENEPI

Exploitation de la Base de Connaissance    Gestion de la Base de Connaissance

09/04/2012 15:45

Navire Accidenté | Accident | Polluant | Pollution | Conditions | Site Pollué | Environnement

Condition: Site Pollué

Generación d'un Plan d'Intervention - Description de la Situation

Géographie du Site Pollué

Terre | Mer

1. Substrat		4. Exposition à l'énergie de la mer:	Inconnu
2. Portance:	Inconnu	5. Présence de barrage:	Inconnu
3. Accessibilité		6. Type de Côte:	Inconnu

Confirmer

Figura 14: GENEPI Geografia do ambiente poluído

GENEPI - Clara 2

Accueil | Plan | Accueil | Plan | Exploitation de la Base de Connaissance | Gestion de la Base de Connaissance

**GENEPI**  
Génération d'un Plan d'Intervention - Description de la Situation 09/04/2012 15:45

Navire Accidenté | Accident | Polluant | Pollution | Conditions | Site Pollué | Environnement

Ecologique | **Economique**

Environnement Economique :

1. Localisation: [dropdown]  
 2. Nature des Activités: [dropdown]  
 3. Présence de Chenaux: [dropdown]  
 4. Présence de prise d'eau: Inconnu  
 5. Niveau de Vulnérabilité: Inconnu

Confirmer

Figura 15: GENEPI Ambiente econômico e ecológico

GENEPI - Clara 2

**GENEPI**

Liste des Actions d'Intervention

Selectionnez la liste que vous souhaitez afficher.

En cours de construction

1. Liste des Actions dont les critères sont remplis  
 2. Liste des Actions dont au moins un critère ne peut être évalué  
 3. Liste des Actions dont au moins un critère n'est pas satisfait  
 4. Liste n 2 enrichie des critères non évalués

Annuler

Figura 16 GENEPI: tela final

## ANEXO B – Normalidade dos Dados do Experimento

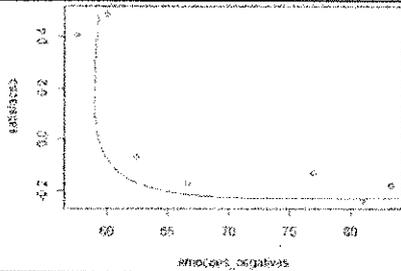
Quadro 50: Teste Shapiro-Wilk

#	Variáveis	Teste <i>Shapiro-Wilk</i>
01	Conhecimento (POCUS)	W = 0.9042, p-valor = 0.3571
02	Extroversão (BF-50)	W = 0.94, p-valor = 0.6389
03	Agradabilidade (BF-50)	W = 0.975, p-valor = 0.9322
04	Consciência (BF-50)	W = 0.8696, p-valor = 0.1842
05	Neuroticismo (BF-50)	W = 0.8435, p-valor = 0.107
06	Intelecto (BF-50)	W = 0.8883, p-valor = 0.2659
07	Atenção (BF-50)	W = 0.9707, p-valor = 0.9034
08	Satisfação (Webquest)	<b>W = 0.7668, p-valor = 0.01896</b>
09	Fatores de estresse	<b>W = 0.7378, p-valor = 0.009437</b>
10	Alerta (AD-ACL)	W = 0.9041, p-valor = 0.3562
11	Ansiedade (AD-ACL)	<b>W = 0.7275, p-valor = 0.007349</b>
12	Ansiedade (Frequência Cardíaca)	W = 0.9505, p-valor = 0.7345
13	Carga de Trabalho (NASA-TLX)	W = 0.9735, p-valor = 0.9222
14	Carda de Trabalho (Picos eletrodermais)	W = 0.8737, p-valor = 0.1998
15	Carda de Trabalho (Amplitude média dos picos eletrodermais)	<b>W = 0.7378, p-valor = 0.009435</b>
16	Estado emocional (SAM)	W = 0.8896, p-valor = 0.2728
17	Estado emocional (GEW)	W = 0.9774, p-valor = 0.946
18	Emoções Positivas (EmotAix)	W = 0.9499, p-valor = 0.7286
19	Emoções Negativas (EmotAix)	W = 0.8954, p-valor = 0.3039
20	Emoções Não Específicas (EmotAix)	W = 0.9802, p-valor = 0.9606
21	Disfunção cognitiva (GAQ)	W = 0.9224, p-valor = 0.4879
22	Avaliação cognitiva da situação (GAQ)	W = 0.9271, p-valor = 0.5264
23	Desempenho (Tempo)	W = 0.9094, p-valor = 0.3917
24	Desempenho Estado da Tarefa	W = 0.8334, p-valor = 0.08614
25	Desempenho (Erro)	<b>W = 0.807, p-valor = 0.04798</b>
26	Emoções Positivas (Vídeos)	<b>W = 0.7892, p-valor = 0.03201</b>
27	Emoções negativas (Vídeos)	W = 0.9222, p-valor = 0.487
28	Emoções neutras (Vídeos)	W = 0.8558, p-valor = 0.1386
29	Emoções indeterminadas (Vídeos)	W = 0.8586, p-valor = 0.147
30	Surpresa (Vídeos)	W = 0.9495, p-valor = 0.725
31	Emoções Positivas (GAQ)	<b>W = 0.732, p-valor = 0.008193</b>
32	Emoções Negativas (GAQ)	<b>W = 0.7496, p-valor = 0.01258</b>
33	Emoções Neutras (GAQ)	<b>W = 0.6004, p-valor = 0.0002752</b>
34	GAQ Emocional	W = 0.8577, p-valor = 0.1444

## ANEXO C – Testes de hipóteses

**H1:** Indivíduos tendem a apresentar menor satisfação com a usabilidade do produto (Webquest) quando expressam emoções negativas (EmotAix).

**Gráfico de dispersão**



**Regressão**

```
Call:
lm(formula = satisfacao ~ I(emocoes_negativas^(-1)))

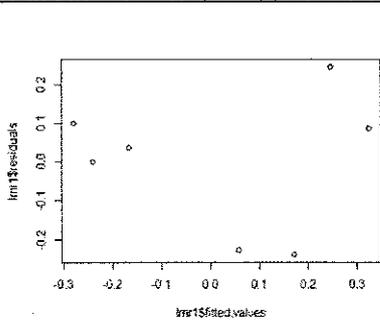
Residuals:
    1         2         3         4         5         6         7 
-0.2400943  0.0995349 -0.2275892  0.0371096  0.2449585  0.0862105 -0.0001299

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    -1.6286     0.5374   -3.031  0.0291 *
I(emocoes_negativas^-1) 112.4208    36.3980   3.089  0.0272 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

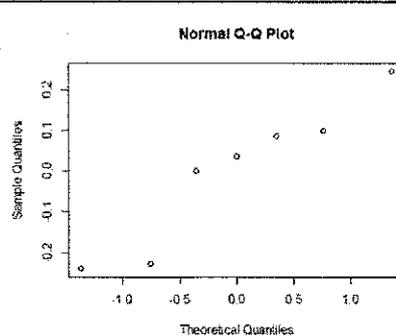
Residual standard error: 0.194 on 5 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6561, Adjusted R-squared:  0.5873 
F-statistic:  9.54 on 1 and 5 DF,  p-value: 0.0272

> confint(lmr1,level=0.95)
              2.5 %      97.5 %
(Intercept)  -3.010095  -0.2471823
I(emocoes_negativas^-1) 18.856844 205.9847563
```

**Independência dos resíduos**



**Normal Q-Q Plot dos resíduos**

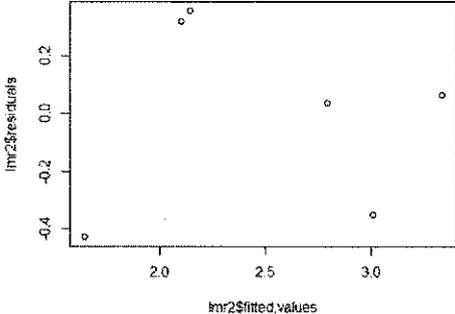
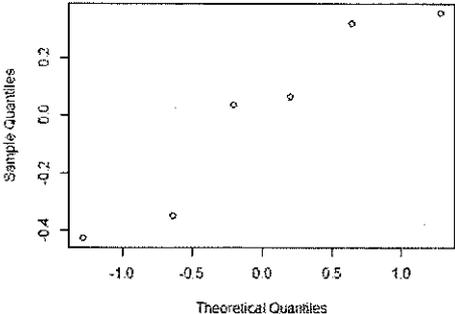


**Teste de normalidade**

<pre>&gt; shapiro.test(lmr1\$residuals) shapiro-wilk normality test data: lmr1\$residuals W = 0.9089, p-value = 0.3884 &gt; shapiro.test(lmr1\$fitted.values) shapiro-wilk normality test data: lmr1\$fitted.values W = 0.9065, p-value = 0.3719</pre>
<b>Teste de homocedasticidade dos resíduos</b>
<pre>Bartlett test of homogeneity of variances data: list(lmr1\$fitted.values, lmr1\$residuals) Bartlett's K-squared = 0.5681, df = 1, p-value = 0.451</pre>
<b>Equação de regressão do modelo</b>
$\hat{Y} = -1.6268 + 112.4208x^{-1} + \varepsilon$

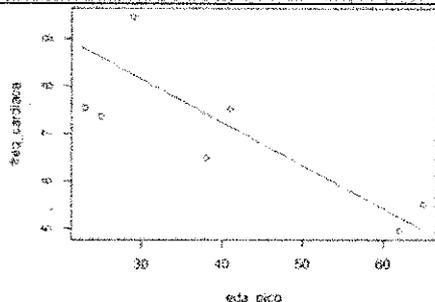
**H2:** Indivíduos tendem a apresentar maior nível de alerta (AD-ACL) quando estão em sobrecarga de trabalho (Picos eletrodermais).

<b>Gráfico de dispersão (com outlier)</b>	<b>Gráfico de dispersão (sem outlier)</b>
<p>The plot shows a negative linear relationship between 'carga de trabalho' (x-axis, 50-80) and 'vigilância' (y-axis, 1.5-3.0). A data point at approximately (60, 1.5) is circled, indicating it is an outlier.</p>	<p>The plot shows the same data as the first plot but with the outlier removed. The linear relationship between 'carga de trabalho' and 'vigilância' is more apparent.</p>
<b>Regressão</b>	

<pre>Call: lm(formula = vigilancia ~ carga_de_trabalho)  Residuals:     1     2     3     4     5     6 0.03686 0.31840 -0.34925 -0.42777 0.06659 0.35518  Coefficients:             Estimate Std. Error t value Pr(&gt; t ) (Intercept)   5.21355    0.70980   7.345 0.00183 ** carga_de_trabalho -0.04322    0.01107  -3.904 0.01748 * --- Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  Residual standard error: 0.3668 on 4 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.7921, Adjusted R-squared: 0.7401 F-statistic: 15.24 on 1 and 4 DF, p-value: 0.01748  &gt; confint(lmr2)                 2.5 %      97.5 % (Intercept)  3.24282975  7.18426452 carga_de_trabalho -0.07396116 -0.01248184</pre>	
<b>Independência dos resíduos</b>	<b>Normal Q-Q Plot dos resíduos</b>
	
<b>Teste de normalidade</b>	
<pre>&gt; shapiro.test(lmr2\$residuals)  shapiro-wilk normality test  data:  lmr2\$residuals W = 0.8934, p-value = 0.3361  &gt; shapiro.test(lmr2\$fitted.values)  shapiro-wilk normality test  data:  lmr2\$fitted.values W = 0.95, p-value = 0.7403</pre>	
<b>Teste de homocedasticidade dos resíduos</b>	
<pre>Bartlett test of homogeneity of variances  data:  list(lmr2\$fitted.values, lmr2\$residuals) Bartlett's K-squared = 1.8976, df = 1, p-value = 0.1684</pre>	
<b>Equação de regressão do modelo</b>	
$\hat{Y} = 5.21355 - 0.04322x + \varepsilon$	

**H3:** Indivíduos tendem a apresentar maiores níveis de ansiedade (frequência cardíaca) quando estão em situações de sobrecarga de trabalho (picos eletrodermais).

#### Gráfico de dispersão



#### Regressão

Call:

```
lm(formula = freq_cardiaca ~ eda_pico)
```

Residuals:

```
    1     2     3     4     5     6     7
0.5845 -0.5160 -0.7027  1.6891  0.2554 -0.6568 -0.6536
```

Coefficients:

```
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  9.81392    1.02562    9.569 0.000211 ***
eda_pico    -0.07045    0.02363   -2.982 0.030742 *
```

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.9878 on 5 degrees of freedom

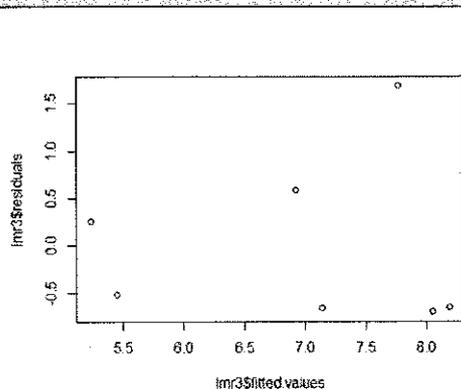
Multiple R-squared: 0.64, Adjusted R-squared: 0.568

F-statistic: 8.89 on 1 and 5 DF, p-value: 0.03074

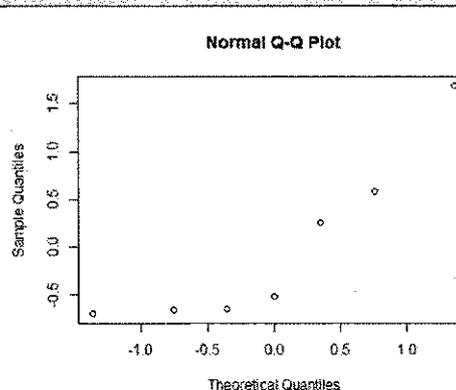
```
> confint(lmr3,level=0.95)
```

```
              2.5 %      97.5 %
(Intercept)  7.1774912 12.450354143
eda_pico    -0.1311883 -0.009712512
```

#### Independência dos resíduos



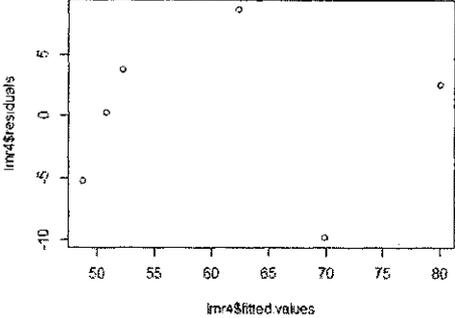
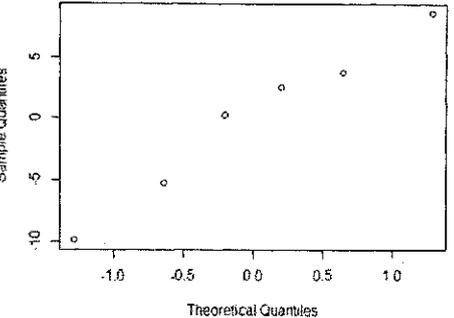
#### Normal Q-Q Plot dos resíduos



#### Teste de normalidade

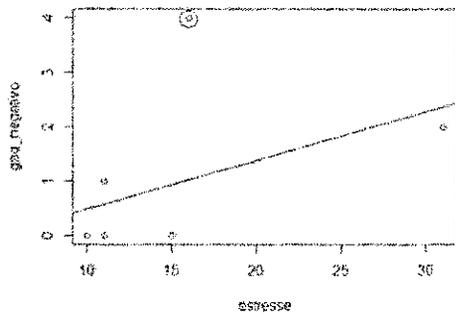
<pre>shapiro-wilk normality test  data: lmr3\$residuals W = 0.8156, p-value = 0.05827  &gt; shapiro.test(lmr3\$fitted.values)  shapiro-wilk normality test  data: lmr3\$fitted.values W = 0.8737, p-value = 0.1998</pre>
<b>Teste de homocedasticidade dos resíduos</b>
<pre>Bartlett test of homogeneity of variances  data: list(lmr3\$fitted.values, lmr3\$residuals) Bartlett's K-squared = 0.4524, df = 1, p-value = 0.5012</pre>
<b>Equação de regressão do modelo</b>
$\hat{Y} = 9.81392 - 0.07045x + \varepsilon$

<b>H4: Indivíduos tendem a apresentar maiores reações à sobrecarga de trabalho (NASA-TLX) quando apresentam emoções negativas (Emoções negativas /Análise de vídeos)</b>	
<b>Gráfico de dispersão (com outlier)</b>	<b>Gráfico de dispersão (sem outlier)</b>
<b>Regressão</b>	
<pre>Call: lm(formula = carga_de_trabalho ~ videos_negativos)  Residuals:     1     2     3     4     5     6  3.7381  0.2502  2.5061 -5.2386  8.6524 -9.9082  Coefficients:             Estimate Std. Error t value Pr(&gt; t ) (Intercept)   36.6418    7.1003   5.161  0.0067 ** videos_negativos  1.5121    0.4041   3.742  0.0201 * --- Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  Residual standard error: 7.43 on 4 degrees of freedom Multiple R-squared:  0.7778, Adjusted R-squared:  0.7223 F-statistic:  14 on 1 and 4 DF, p-value: 0.02008  &gt; confint(lmr4)                 2.5 %    97.5 % (Intercept)  16.9281372 56.355423 videos_negativos 0.3902534 2.633964</pre>	
<b>Independência dos resíduos</b>	<b>Normal Q-Q Plot dos resíduos</b>

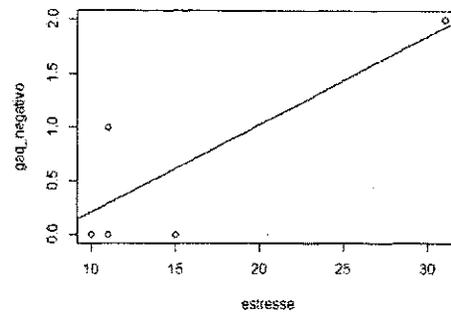
	
<b>Teste de normalidade</b>	
<pre> &gt; shapiro.test(lmr4\$residuals)  shapiro-wilk normality test  data:  lmr4\$residuals W = 0.9724, p-value = 0.9083  &gt; shapiro.test(lmr4\$fitted.values)  shapiro-wilk normality test  data:  lmr4\$fitted.values W = 0.8992, p-value = 0.3689 </pre>	
<b>Teste de homocedasticidade dos resíduos</b>	
<pre> Bartlett test of homogeneity of variances  data:  list(lmr4\$fitted.values, lmr4\$residuals) Bartlett's K-squared = 1.6785, df = 1, p-value = 0.1951 </pre>	
<b>Equação de regressão do modelo</b>	
$\hat{Y} = 36.6418 + 1.5121x + \varepsilon$	

**H5:** Indivíduos tendem a apresentar emoções negativas (GAQ) quando submetidos a eventos estressores (fatores de estresse).

**Gráfico de dispersão (com outlier)**



**Gráfico de dispersão (sem outlier)**



**Regressão**

```

call:
lm(formula = gaq_negativo ~ estresse)

Residuals:
    1     2     3     4     5     6
-0.0321  0.8828 -0.1172 -0.4575  0.1814 -0.4575

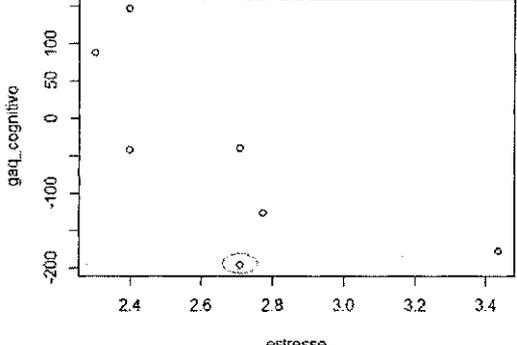
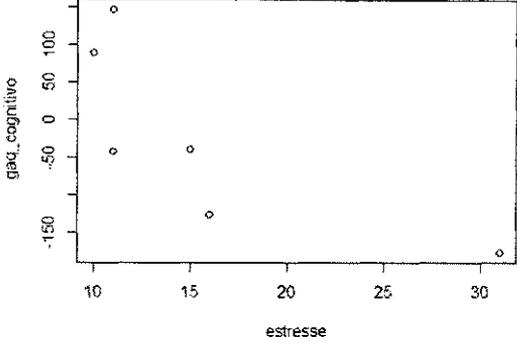
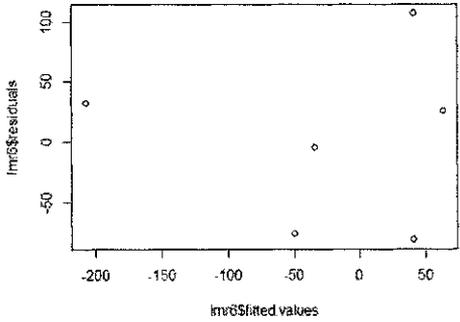
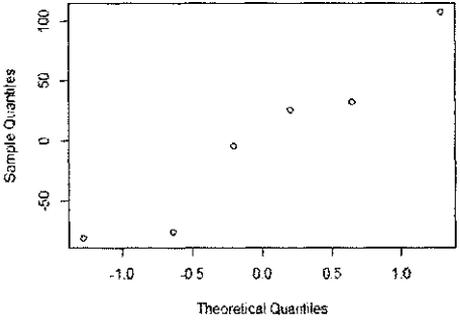
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -0.81862   0.54043  -1.515  0.2044
estresse     0.08507   0.03162   2.691  0.0546 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.558 on 4 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6441, Adjusted R-squared:  0.5551
F-statistic: 7.24 on 1 and 4 DF, p-value: 0.05462

> confint(lmr5)
                2.5 %    97.5 %
(Intercept) -2.31910659  0.6818674
estresse    -0.00271208  0.1728565

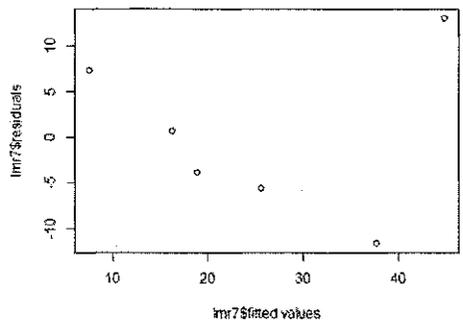
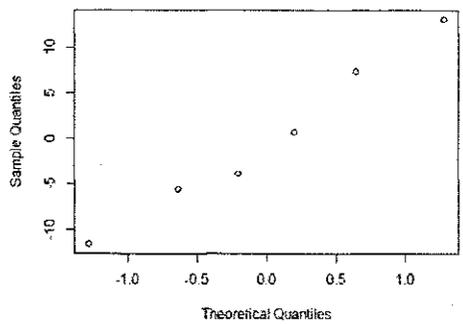
```

**H6: Indivíduos tendem a apresentar avaliações cognitivas negativas de uma situação (GAQ) quando submetidos a eventos estressores (fatores de estresse).**

<b>Gráfico de dispersão (com outlier)</b>	<b>Gráfico de dispersão (sem outlier)</b>
	
<b>Regressão</b>	
<pre> call: lm(formula = gaq_cognitivo ~ log(estresse))  Residuals:     1      2      3      4      5      6 25.160 -82.068 106.932  31.482  -4.963 -76.544  Coefficients:             Estimate Std. Error t value Pr(&gt; t ) (Intercept)    612.99     230.44   2.660  0.0564 . log(estresse)  -238.93     85.47  -2.795  0.0490 * --- Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  Residual standard error: 80.12 on 4 degrees of freedom Multiple R-squared:  0.6614, Adjusted R-squared:  0.5768 F-statistic: 7.814 on 1 and 4 DF, p-value: 0.04904  &gt; confint(lmr6)               2.5 %      97.5 % (Intercept) -26.82295 1252.796272 log(estresse) -476.23237  -1.619322         </pre>	
<b>Independência dos resíduos</b>	<b>Normal Q-Q Plot dos resíduos</b>
	
<b>Teste de normalidade</b>	

<pre>&gt; shapiro.test(lmr6\$residuals)  Shapiro-wilk normality test  data:  lmr6\$residuals w = 0.9297, p-value = 0.5776  &gt; shapiro.test(lmr6\$fitted.values)  Shapiro-wilk normality test  data:  lmr6\$fitted.values w = 0.8417, p-value = 0.1347</pre>
<b>Teste de homocedasticidade dos resíduos</b>
<pre>Bartlett test of homogeneity of variances  data:  list(lmr6\$fitted.values, lmr6\$residuals) Bartlett's K-squared = 0.5003, df = 1, p-value = 0.4794</pre>
<b>Equação de regressão do modelo</b>
$\hat{Y} = 612.99 - 239.93 \log(x) + \varepsilon$

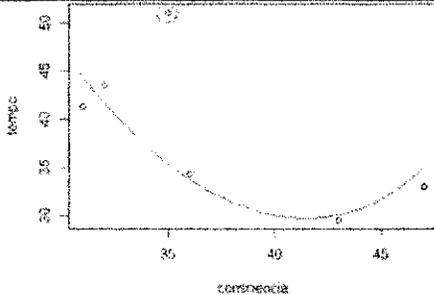
<b>H7: Indivíduos tendem a cometer <u>mais erros</u> quando apresentam <u>mais emoções negativas</u> (EmotAix).</b>	
<b>Gráfico de dispersão (com outlier)</b>	<b>Gráfico de dispersão (sem outlier)</b>
<b>Regressão</b>	

<pre>Call: lm(formula = erro ~ I(gaq_cognitivo^3))  Residuals:     1     2     3     4     5     6  0.6854  7.3627 13.1291 -11.6448 -3.8909 -5.6415  Coefficients:                 Estimate Std. Error t value Pr(&gt; t ) (Intercept)      1.868e+01  4.638e+00   4.029  0.0157 * I(gaq_cognitivo^3) -3.478e-06  1.130e-06  -3.076  0.0371 * --- Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  Residual standard error: 10.12 on 4 degrees of freedom Multiple R-squared:  0.7029, Adjusted R-squared:  0.6287  F-statistic: 9.464 on 1 and 4 DF, p-value: 0.03706  &gt; confint(lmr7)                 2.5 %      97.5 % (Intercept)      5.808652e+00  3.156055e+01 I(gaq_cognitivo^3) -6.616489e-06 -3.391308e-07</pre>	
<b>Independencia dos resíduos</b>	
<b>Normal Q-Q Plot dos resíduos</b>	
	
<b>Teste de normalidade</b>	
<pre>&gt; shapiro.test(lmr7\$residuals)  shapiro-wilk normality test  data:  lmr7\$residuals W = 0.9749, p-value = 0.9235  &gt; shapiro.test(lmr7\$fitted.values)  shapiro-wilk normality test  data:  lmr7\$fitted.values W = 0.9613, p-value = 0.8296</pre>	
<b>Teste de homocedasticidade dos resíduos</b>	
<pre>Bartlett test of homogeneity of variances  data:  list(lmr7\$fitted.values, lmr7\$residuals) Bartlett's K-squared = 0.8181, df = 1, p-value = 0.3657</pre>	
<b>Equação de regressão do modelo</b>	

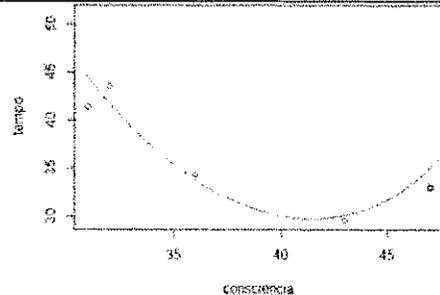
$$\hat{Y} = 1.87 - 3.48x^3 + \varepsilon$$

**H8:** Individuos tendem a levar mais tempo para realizarem suas tarefas quando são submetidos a mais fatores de estresse (fatores de estresse)

**Gráfico de dispersão (com outlier)**



**Gráfico de dispersão (sem outlier)**



**Regressão**

```
Call:
lm(formula = tempo ~ consciencia + I(consciencia^2))

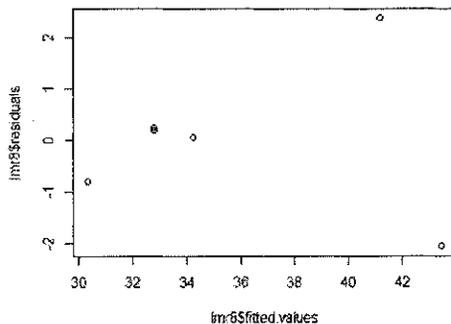
Residuals:
    1      2      3      4      5      6 
-0.79631 -2.06148  0.19204  0.24204  2.37703  0.04668 

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  219.65086   50.07781    4.386  0.0219 *
consciencia  -8.99183    2.62060   -3.431  0.0415 *
I(consciencia^2)  0.10672    0.03338    3.198  0.0494 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

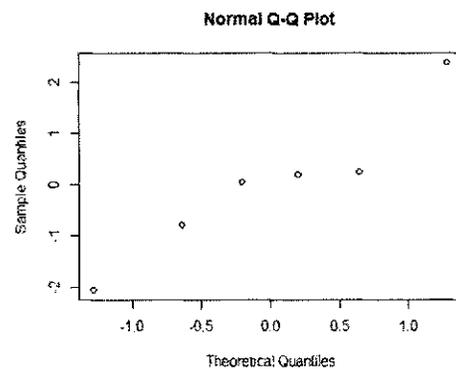
Residual standard error: 1.883 on 3 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9287, Adjusted R-squared:  0.8811
F-statistic: 19.53 on 2 and 3 DF, p-value: 0.01905

> confint(lmr8)
                2.5 %      97.5 %
(Intercept)  6.028094e+01 379.0207910
consciencia  -1.733176e+01 -0.6518949
I(consciencia^2) 5.033162e-04  0.2129353
```

**Independência dos resíduos**



**Normal Q-Q Plot dos resíduos**



**Teste de normalidade**

<pre> &gt; shapiro.test(lmr8\$residuals)  shapiro-wilk normality test  data:  lmr8\$residuals W = 0.9381, p-value = 0.6441  &gt; shapiro.test(lmr8\$fitted.values)  shapiro-wilk normality test  data:  lmr8\$fitted.values W = 0.8644, p-value = 0.2049 </pre>
<b>Teste de homocedasticidade dos resíduos</b>
<pre> Bartlett test of homogeneity of variances  data:  list(lmr8\$fitted.values, lmr8\$residuals) Bartlett's K-squared = 6.0366, df = 1, p-value = 0.01401 </pre>
<b>Equação de regressão do modelo</b>
$\hat{Y} = 219.65086 - 8.99183x + 0.10672x^2 + \varepsilon$