

A ERGONOMIA PARA INTERFACES GRÁFICAS COM O USUÁRIO NA  
INDÚSTRIA AUTOMATIZADA. O CASO DE DISPLAYS SCADA EM UMA  
USINA HIDRELÉTRICA DE GRANDE PORTE.

Luciana Rosa Pereira dos Santos

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS  
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Aprovada por:

---

Prof. Mario Cesar Rodriguez Vidal, Dr.Ing.

---

Prof. José Roberto Dourado Mafra, D.Sc.

---

Prof. Paulo Victor Rodrigues de Carvalho, D.Sc.

---

Prof. Mario Jorge Ferreira de Oliveira, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2007

SANTOS, LUCIANA ROSA PEREIRA. DOS

A Ergonomia para Interfaces Gráficas com o Usuário na Indústria Automatizada. O Caso de Displays SCADA em uma Usina Hidrelétrica de Grande Porte. [Rio de Janeiro] 2007.

X, 113 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc.Engenharia de Produção, 2007).

Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

1. Ergonomia de Interface Humano-Sistema

I. COPPE/UFRJ II. Título ( série )

## **Agradecimentos**

Aos meus Pais e irmãs pelo apoio que sempre me deram.

Ao professor Mário Vidal, pelo apoio, orientação acadêmica e profissional em Ergonomia.

Aos professores José Roberto Mafra, José Mário Carvão e Renato Bonfatti, pela amizade e auxílio a qualquer esforço em pesquisa, desde pequenas buscas via internet, recomendações bibliográficas, conversas aleatórias ou orientação acadêmica.

À Eloísa Moreira, sempre prestativa, por todos os galhos quebrados e por nunca faltar assunto na secretaria.

Aos colegas do GENTE, Raphael, Isabela, Suênia, Carmem e Denise, estas duas últimas também colegas de mestrado.

À Lindalva, eternamente, pelas inscrições fora de prazo que ela aceitou, corrigiu e realizou pra mim.

E a todos que de alguma forma participaram desta pesquisa.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

A ERGONOMIA PARA INTERFACES GRÁFICAS COM O USUÁRIO NA  
INDÚSTRIA AUTOMATIZADA. O CASO DE DISPLAYS SCADA EM UMA  
USINA HIDRELÉTRICA DE GRANDE PORTE.

Luciana Rosa Pereira dos Santos

Março/2007

Orientador: Mario Cesar Rodriguez Vidal

Programa: Engenharia de Produção

Neste trabalho, pesquisamos o desenvolvimento de interfaces gráficas ergonômicas, para sistemas de automação, tendo como foco desses estudos, o caso dos displays SCADA, usados e desenvolvidos em uma usina hidrelétrica de grande porte. Trata-se da investigação de padrões, diretrizes, ou recomendações teóricas para construção dos displays de forma que seu uso se torne mais natural à cognição humana; E, principalmente, investigamos de que forma o processo de desenvolvimento dessas interfaces pode ser estruturado, para que seja possível construir interfaces ergonômicas sem comprometer os prazos, e recursos humanos. A geração de interfaces ergonômicas pretende ser uma medida para aumento da confiabilidade humana nas indústrias, onde a tecnologia torna os equipamentos mais confiáveis e o humano passa a ser mais responsabilizado pelas falhas. Já a adequação do processo de desenvolvimento pretende sanar aspectos organizacionais que prejudicam a introdução da ergonomia às interfaces, e comprometem o desempenho global das empresas.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

AUTOMATED INDUSTRY GRAPHICAL USER INTERFACE ERGONOMICS.  
THE CASE OF SCADA DISPLAYS IN A HYDROPOWER GENERATION PLANT.

Luciana Rosa Pereira dos Santos

March/2007

Advisors: Mario Cesar Rodriguez Vidal

Department: Production Engineering

This work researches about the development of ergonomic graphical interfaces for automation systems, concentrating on the case of SCADA displays used and developed in a huge hydropower plant. Here we investigate standards, theoretical lines of direction, or recommendations for displays design; And, mainly, we investigate how its process of development can be organized, so that is possible to construct ergonomic IGs, without compromising projects deadlines and high specialized human resources, usually dislocated from their core competencies to this function, related as stressing and time consuming. The generation of ergonomic interfaces intends to be a measure for increase of the trustworthiness human being in the industries, where high technology turns equipments more trustworthy than human beings.

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1 HIDROGERAÇÃO DE ENERGIA .....</b>	<b>4</b>
1.1 PROCESSO DE GERAÇÃO .....	4
1.1.1 Setores da planta .....	5
1.2 ESTRUTURA ATUAL DO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO .....	6
1.2.1 Sistemas de automação no setor elétrico.....	8
1.3 QUALIDADE NO SETOR DE ENERGIA .....	8
1.4 INFLUÊNCIAS DA INTERFACE GRÁFICA NA QUALIDADE DA OPERAÇÃO .....	10
<b>CAPÍTULO 2 INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR NAS ATIVIDADES DE SUPERVISÃO, E CONTROLE.....</b>	<b>12</b>
2.1 HCI.....	13
2.1.1 Terminologia da Interação Humano – Sistema de Trabalho .....	13
2.2 TAREFAS DE OPERAÇÃO – SUPERVISÃO E CONTROLE DE PROCESSOS.....	14
2.2.1 Aspectos gerais.....	14
2.2.2 Situação específica - Tarefas de supervisão humana nas empresas de energia.....	15
2.3 SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO .....	19
2.3.1 SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition .....	19
2.3.2 SDSC – Sistema distribuído de Supervisão e Controle.....	21
2.3.3 Interfaces em processos automatizados.....	21
2.4 INTERFACES GRÁFICAS.....	22
2.4.1 Representação gráfica de informações.....	23
2.4.2 Classificação dos displays quanto à função.....	26
2.4.3 Processo de desenvolvimento .....	27
2.4.4 Novas técnicas para visualização de informação.....	29
<b>CAPÍTULO 3 USABILIDADE .....</b>	<b>33</b>
3.1 USABILIDADE.....	33
3.2 AFFORDANCES .....	34
3.3 OS CINCO PRINCÍPIOS DE NIELSEN.....	36
3.4 USABILIDADE EM SISTEMAS DIGITAIS.....	37
3.4.1 Técnicas de avaliação de interfaces.....	38
3.5 ANÁLISE DE MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE USABILIDADE .....	40
3.6 DIRETRIZES ERGONÔMICAS PARA DESIGN DE INTERFACES COM O USUÁRIO .....	40
<b>CAPÍTULO 4 DESIGN CENTRADO NO USUÁRIO.....</b>	<b>45</b>
4.1 PRINCÍPIOS DE DESIGN GRÁFICO.....	47
4.2 GUIA PARA CONFEÇÃO DE DISPLAYS DE AUTOMAÇÃO .....	48
<b>CAPÍTULO 5 PERCEPÇÃO VISUAL .....</b>	<b>53</b>
5.1 PRÉ-ATENÇÃO, ATENÇÃO VISUAL E GESTALT .....	53
5.1.1 Hipótese visual .....	54
5.1.2 Regras da Gestalt visual.....	55
5.2 ESTUDO DAS CORES; TEORIA E APLICAÇÃO AOS DISPLAYS DE AUTOMAÇÃO.....	58
<b>CAPÍTULO 6 METODOLOGIA.....</b>	<b>63</b>
6.1 A METODOLOGIA AET.....	63
6.2 ESTUDO EXPLORATÓRIO BASEADO NA AET.....	65
<b>CAPÍTULO 7 ESTUDO EXPLORATÓRIO I: A FASE DE PREPARAÇÃO.....</b>	<b>71</b>
7.1 PREPARAÇÃO .....	71
7.1.1 Visita ao fornecedor de equipamentos automatizados .....	73
7.1.2 Visita ao CEPEL.....	75
<b>CAPÍTULO 8 ESTUDO EXPLORATÓRIO II: A EXPERIÊNCIA NA USINA.....</b>	<b>77</b>

8.1.1	<i>Novo cotidiano laboral</i> .....	77
8.2	INTERFACES GRÁFICAS NA OPERAÇÃO AUTOMATIZADA.....	79
8.2.1	<i>As primeiras telas do SCADA</i> .....	79
8.3	O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO ATUAL, E A EVOLUÇÃO DOS DISPLAYS SCADA. ....	80
8.3.1	<i>O usuário no processo de desenvolvimento</i> .....	81
8.4	O SOFTWARE GERADOR DE DISPLAYS.....	82
8.5	RECURSOS PARA AUMENTO DA CONFIABILIDADE HUMANA.....	82
8.6	GSS – GRUPO DE SISTEMAS DE SUPORTE.....	83
8.6.1	<i>Produtos do setor</i> .....	84
8.7	A PESQUISA DE CAMPO.....	85
8.7.1	<i>As contribuições de campo</i> .....	88
<b>CAPÍTULO 9 ERGONOMIA NAS INTERFACES DE SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO.....</b>		<b>91</b>
9.1	PROTÓTIPOS.....	94
9.2	AS TELAS ORIGINAIS.....	95
9.3	PROTÓTIPO DA TELA SÍNTESE DE SEMD.....	97
9.4	PROTÓTIPO DA TELA SÍNTESE DO SISTEMA ELÉTRICO DA USINA.....	100
<b>CONCLUSÃO.....</b>		<b>103</b>
<b>ENCAMINHAMENTOS FUTUROS.....</b>		<b>105</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>		<b>106</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>		<b>108</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 – Esquema de funcionamento da Hidrogeração.....	5
Ilustração 2 – Escopo dos estudos em HCI. ....	13
Ilustração 3 - Arquitetura das interfaces em um sistema SCADA-EMS. ....	20
Ilustração 4 – Níveis de abstração. ....	22
Ilustração 5 – Equipamentos elétricos e seus símbolos. ....	24
Ilustração 6 - Diagrama unifilar original. ....	25
Ilustração 7 - Tela como diagrama mímico do sistema de 765kv.....	27
Ilustração 8 - Display síntese.....	27
Ilustração 9 - síntese de dados de produção.....	27
Ilustração 10 - Tela do aplicativo SCADA - CAG.....	27
Ilustração 11 – Visualização geral, de severidade de contingências.....	30
Ilustração 12 – Display de detalhe de vulnerabilidade.....	31
Ilustração 13 - Malha topográfica 2d.....	31
Ilustração 14 – Malha topográfica com cores e relevo animados. ....	32
Ilustração 15 - Cafeteira Carelman para Masoquistas. ....	34
Ilustração 16 – Ciclo de desenvolvimento. Norma ISO 13407 (tradução nossa). ....	46
Ilustração 17 - Bom HMI.....	48
Ilustração 18 - Layout de HMI impróprio.....	48
Ilustração 19 – trajetória de leitura realizada pelo olho humano em uma tela de computador. ....	49
Ilustração 20 – Diagramação recomendada.....	50
Ilustração 21 – Nota-se algo diferente na parte superior direita da figura. ....	54
Ilustração 22 – Imagem de um cachorro, Dálmata, em meio às manchas. ....	54
Ilustração 23 – O triângulo inexistente.....	54
Ilustração 24 - Figura e Fundo-a.....	56
Ilustração 25 -Figura e fundo-b. ....	56
Ilustração 26 - Figura e fundo c.....	56
Ilustração 27 – Agrupamento de pontos, por proximidade.....	57
Ilustração 28 - Agrupamento por similaridade de formas. ....	57
Ilustração 29 - Continuidade.....	58
Ilustração 30 – Disco cromático.....	59
Ilustração 31- Estrutura da pesquisa.....	65
Ilustração 32 - Ciclo de desenvolvimento de sistemas de produtos no GSS. ....	84
Ilustração 33 – Tela síntese de SEMD.....	95
Ilustração 34 – Tela síntese do.....	96
Ilustração 35 – Protótipo da tela Síntese de SEMD.....	97
Ilustração 36 – Visor de dados.....	98
Ilustração 37 – Proposta de solução para o display do Sistema elétrico principal.....	100

## GLOSSÁRIO

### IHC

**Canvas** – Sinônimo de tela ou display

**Clique** – Seleção de objeto virtual através de dispositivo apontador (mouse/cursor)

**Console** – Equipamento, ou parte de um equipamento que permite a interação usuário – sistema de produção. Pode funcionar por tecnologia digital ou analógica. Ex.: Painéis de controle convencionais e Micro computadores.

**Display** – Ambiente gráfico ou tela de interface com o usuário.

**Dispositivo de informação** – Desenho, símbolo, recurso audiovisual que represente uma idéia ou mensagem.

**Interface Gráfica** – Meio virtual visível nos monitores de computadores, desenvolvido por programação orientada a objetos que permite a interação usuário – sistema.

**Objeto virtual** - Dispositivo virtual presente em interfaces digitais. Pode acionar comandos ou ter apenas função ilustrativa. Ex.: Imagens, botões, *links*, etc.

**Orientação a objetos** – Conceito de interação humano-sistema informatizado onde o usuário aciona comandos clicando (escolhendo) objetos virtuais na tela do computador.

**SCADA** – *Supervisory Control and Data Acquisition* (Inglês). Sistema de automação de plantas industriais. Controla e supervisiona plantas e processos.

**SDSC** – Sistema de Supervisão e Controle. Sistema de automação para equipamentos industriais.

### Informática

**Autocad** – Programa de desenho do tipo: Computer aided design

**Bloco** – Conjunto de caracteres

**Hardware** – Equipamentos, peças e qualquer parte concreta de um sistema informatizado.

**Ícone** – Símbolo gráfico que faz alusão

**Link** – Conexão de um ponto a outro ponto referenciado no mesmo sistema, ou em outro sistema digital.

**Menu** – Agrupamento de opções em comandos.

**Privilégio** – Permissão para determinados acessos, e comandos no sistema.

**Software** – Programa ou aplicativo.

## **Sistemas elétricos de potência**

**Carga** – Energia elétrica gerada

**Confiabilidade** - A probabilidade de alguma coisa (sistema, equipamento, serviço etc.) cumprir funções pré-determinadas dentro de uma faixa de tempo predeterminada, e sob determinadas condições. Nível relativo ao risco de não atender ao mercado.

**Despacho de carga** - Setor responsável pela negociação do envio da carga de energia gerada na empresa para os clientes externos.

**CCR** - (*Central Control Room*. - Inglês). Sala de Controle Central

**Tensão** - Tensão, voltagem, força eletromotriz (fem) ou diferença de potencial (ddp) é a unidade de trabalho realizada por uma carga elétrica de 1 Coulomb ao se deslocar em um campo elétrico uniforme. ([www. Bosch.com.br](http://www.Bosch.com.br))

**Potência** - Quantidade de energia produzida por unidade de tempo.

A energia de 1 joule por segundo é chamada de 1 watt (1 w). Um quilowatt (1 kW) é equivalente a 1000 watts e um megawatt (1 MW) vale um milhão de watts ou 1000 kW.

1 Joule = 1 watt (W)

1 Quilowatt (kW) = 1000watts

1 Megawatt (Mw) = 1000 kW

Nesta dissertação, investigamos o aprimoramento ergonômico das interfaces gráficas, usadas para controlar sistemas de automação industrial. Buscamos torná-las ferramentas eficientes, no suporte à atividade de supervisão e controle. Essa última, por sua vez, é uma situação de trabalho caracterizada pela tomada de decisões, em momentos de risco iminente. Onde, a decisão resulta de uma série de processos cognitivos, dependentes da percepção visual. No entanto, o aspecto gráfico das IHM, costuma ser menos valorizado que outros aspectos da interação, como por exemplo, o software. Os resultados são telas, ainda bem parecidas, com a representação em papel, onde eventualmente, são encontradas condições para erros. Nosso objetivo é permitir o aproveitamento máximo da interação humano-sistema, em um contexto propício ao erro, onde paradoxalmente, ele não é tolerado.

A abordagem ergonômica em pesquisas exige que as situações de interesse, sejam investigadas em seu contexto real. Dessa forma, estudamos guiados pela metodologia AET, o caso dos displays do sistema SCADA, de uma usina hidrelétrica de grande porte. Sua focalização na indústria de energia, e especificamente, na Usina Hidrelétrica, teve duas razões: A oportunidade surgida dos contatos com um funcionário dessa empresa, que inicialmente nos apresentou a questão da formulação gráfica dos displays de automação, e posteriormente, ampliou nossa rede de contatos, possibilitando a realização dos trabalhos de pesquisa; E o aumento da complexidade do tema, no contexto dessa empresa. Devido ao ritmo de produção, tecnologia envolvida, e participação no setor elétrico, onde todas as questões industriais (restrições, riscos, penalidades etc.) se ampliam consideravelmente.

No Capítulo 1, apresentamos o processo de hidrogeração, e a estrutura do setor elétrico brasileiro, cujas mudanças ocasionaram a automação de suas empresas, dentre elas, a usina hidrelétrica onde realizamos o trabalho de campo. Falamos dos objetivos do setor, seus impactos na operação das empresas, e da importância da qualidade das interfaces gráficas nesse contexto. A seção pretende ser uma introdução ao tema, para os leitores de outras áreas de conhecimento.

No capítulo 2 tratamos da Interação Humano Computador, sob a orientação de seu esquema metodológico, apresentado no mesmo capítulo. Com base nessa orientação contextualizamos a questão das interfaces gráficas, estudando a atividade

de trabalho em que são usadas. Falamos a respeito dos sistemas digitais envolvidos e por fim, da formulação, aplicação, e processo de desenvolvimento dessas disciplinas.

No Capítulo 3, ainda seguindo as indicações do HCI, estudamos a teoria da Usabilidade, campo teórico que fundamenta a aplicação da ergonomia aos produtos. Reunimos princípios para a conceituação da usabilidade na questão das interfaces gráficas dos sistemas de controle.

O Capítulo 4 é dedicado aos métodos de Design. Primeiramente, apresentamos a Norma 13407, para design centrado no usuário. Em seguida falamos de princípios de design gráfico, e por fim comentamos um guia para confecção de displays de automação.

O Capítulo 5 contém teorias relativas à percepção humana. Apresentamos inicialmente as leis da Gestalt, escola Alemã dedicada aos estudos da percepção humana, a partir da percepção visual. Conhecimentos fundamentais nesta pesquisa, que trata de representação gráfica de informações. Em seguida , falamos da teoria das cores.

No Capítulo 6 apresentamos a metodologia Análise Ergonômica do Trabalho (AET), capaz de garantir o alcance do objetivo maior da Ergonomia, a modificação das situações de trabalho. Terminamos o capítulo contanto nossos encaminhamentos desde o início da pesquisa, nossas atividades, e realizações.

O Capítulo 7 trata da primeira etapa dos estudos exploratórios. Contamos a evolução de nossa questão focal, desde o relato das observações sobre os problemas das interfaces, até a questão que nos levou à realizar o estudo situado na usina. Relatamos nossas visitas ao fornecedor de unidades geradoras, e ao CEPEL.

No 8º capítulo completamos o estudo exploratório, com a experiência na usina. Apresentamos a questão das interfaces gráficas na empresa, formulada com a observação de sua evolução histórica e momento atual.

No capítulo 9 analisamos os princípios de usabilidade à luz da situação de uso e desenvolvimento de interfaces gráficas na indústria. Em seguida aplicamos as teorias estudadas, e elementos da pesquisa exploratória à construção dos protótipos

# **CAPÍTULO 1**

## **HIDROGERAÇÃO DE ENERGIA**

A primeira seção desta pesquisa apresenta, a título introdutório, temas relativos à sua área de concentração – A geração hidrelétrica. Descrevemos o processo de hidrogeração, através dos setores da planta; O setor econômico, macro contexto das usinas; E discutimos a importância das interfaces gráficas para as empresas de energia.

O texto foi elaborado devido à especificidade do assunto, para que leitores de outras áreas de conhecimento possam compreender o processo representado nas telas que estudamos. Também pretendemos apresentar o macro contexto do setor de energia, para contextualizar o uso e desenvolvimento de displays de automação (processos internos às empresas) nos objetivos da automação da produção,

### **1.1 Processo de geração**

O processo de geração (Ilustração 1) tem início quando a água represada cai, pelos condutos forçados, até as pás da turbina. A força e o movimento da água acionam a turbina, cujo eixo, transmite o movimento ao gerador, que por sua vez, o transforma em energia. Após ser tencionada nos transformadores, a energia mecânica passa à elétrica, e segue por linhas de transmissão até as subestações, para então, ser distribuída

Fonte: [saladefisica.com/leiturasdefisica.Hidrelétricas](http://saladefisica.com/leiturasdefisica.Hidrelétricas)

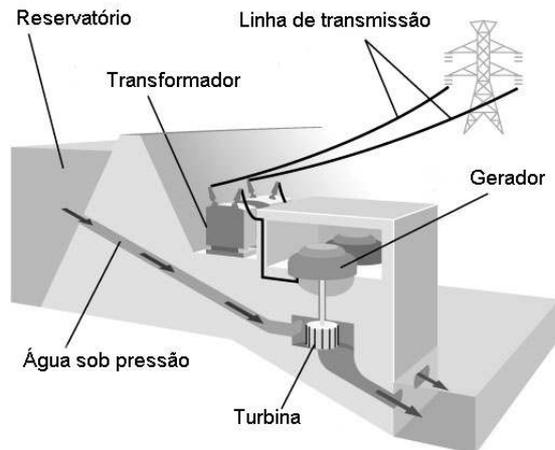


Ilustração 1 – Esquema de funcionamento da Hidrogeração.

### 1.1.1 Setores da planta

Os setores das usinas relevantes a esse trabalho são apresentados a seguir, assim como a interação entre eles.

#### *Hidrologia e meteorologia*

Os setores de hidrologia e meteorologia realizam estudos que permitem calcular com exatidão o volume d'água que chegará ao rio, em determinado período. Esses estudos juntamente com as tecnologias de tempo real permitem um melhor aproveitamento dos recursos hídricos.

#### *Pré-operação*

Responsáveis pela prescrição de tarefas diárias à operação.  
Despacho de carga – Monitora a emissão da energia gerada para os clientes externos. Também é responsável pelo controle do vertedouro (cálculo do vertimento de acordo com a demanda).

### *Sala de controle central*

Monitoramento das atividades prescritas pela pré-operação, supervisão e controle de equipamentos e processos.

### *Pós-operação*

Investigação de ocorrências imprevistas, falhas e acidentes.

### *Engenharia*

As divisões do setor de engenharia especificam tecnologias, equipamentos e realizam projetos para aumentar a eficiência da planta (aproveitamento máximo de recursos, redução de perdas, aumento da eficiência de processos, etc.). Costuma desenvolver as interfaces para uso dos equipamentos e tecnologias que especificam e desenvolvem.

## **1.2 Estrutura atual do Sistema Elétrico Brasileiro**

Visando renegociar suas dívidas externas, diversos países em desenvolvimento, inclusive o Brasil, promoveram a abertura econômica de seus setores energéticos. A reforma tinha objetivos: Pretendia-se eliminar o déficit das empresas estatais equilibrar as contas do setor público, e aumentar a eficiência do setor e captar investimentos privados. A desestatização do setor permitiu a criação de um mercado energético (concorrência, e setorização, do fornecimento conforme a demanda), para atendê-lo foram separados os setores de geração, transmissão, distribuição e comercialização (ABREU, Y. V., 1999). As empresas e órgãos reguladores são apresentados a seguir.

## *Ministério das Minas e Energia*

São vinculadas ao ministério, as seguintes empresas:

Autarquias: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Agência Nacional do Petróleo (ANP).

Sociedades de Economia Mista: Petrobras e Eletrobras.

Empresas públicas: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Comercialização Brasileira de Energia Emergencial e Empresa de Pesquisas Energéticas.

### *ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica)*

Autarquia vinculada ao Ministério de Minas e Energia, criada em 1996 para propiciar condições favoráveis para o desenvolvimento do mercado energético.

### *Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)*

Empresa criada em 1998 para operar o SIN – Sistema Integrado Nacional, grupo de usinas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte.

### *Grupo Eletrobrás (Centrais Elétricas Brasileiras)*

Principal acionista do Centro de Pesquisas em Energia Elétrica – CEPTEL, e das empresas de geração, distribuição de energia:

Geradoras: CGTEE (Companhia de Geração Termo Elétrica), Itaipu Binacional e Eletronuclear.

Transmissoras: Furnas e Eletrosul.

Geradoras/transmissoras: Chesf (Companhia Hidrelétrica do São Francisco) e Eletronorte.

As mudanças no setor elétrico previam a ampliação do serviço de fornecimento de energia, aspecto fundamental para o desenvolvimento econômico e industrial, na economia globalizada.

### 1.2.1 Sistemas de automação no setor elétrico

Frente à aceleração do consumo as empresas de energia buscam operar seu parque de transmissão no limite de suas capacidades, com segurança, e confiabilidade. Os sistemas de automação, aliados aos sistemas de supervisão e controle, contribuem para a melhoria da qualidade no atendimento, porque permitem a execução de manobras remotas nos equipamentos, e também, a manipulação de grandes volumes de informação (AZEVEDO, M. W., 1998).

## 1.3 Qualidade no setor de energia

Redução do gasto de recursos, e aumento da confiabilidade, são critérios de qualidade aplicáveis às empresas de forma geral, recebendo formulações específicas em cada ramo de negócios. Para Slack, Chambers e Johnston (2002), a qualidade operativa de uma empresa está relacionada a dois aspectos:

- i. Redução de custos – Redução de gastos em micro operações, unidades de produção, redução de tempo com correções e redução do estresse dos envolvidos.
- ii. Aumento da confiabilidade - Relativa ao cumprimento das expectativas do consumidor.

Na indústria de energia, os critérios de qualidade são especificados em:

### *Confiabilidade operativa*

Eficiência dos processos de forma que o fornecimento ao consumidor final não seja interrompido, por pouca produção, ou falhas na transmissão e distribuição.

### *Maximização da disponibilidade produtiva*

Corresponde ao aumento do tempo de funcionamento de máquinas, já que se trata de um processo de produção contínua. Esse critério é influenciado pela eficiência na manutenção de máquinas, prevenção de falhas, e ocorrências imprevistas.

### *Qualidade da energia gerada*

Definida por critérios técnicos, elaborados pelo CEPEL. Quais sejam:

- Menor medida de tempo das interrupções de geração ou fornecimento
- Menos distorção harmônica de tensão e corrente
- Sobretensões
- Subtensões transitórias (picos de luz)
- Variações momentâneas de tensão
- Interrupções no fornecimento (“apagões ou *blackouts*”)
- Cintilação luminosa (*flicker*)
- Desequilíbrios e variações de frequência. ([www.cepel.gov.br](http://www.cepel.gov.br)).

A qualidade da energia também é regulamentada pela ANEEL. O critério qualifica o fornecimento de energia, quanto menor o intervalo nesse fornecimento.

Alcançar tais objetivos em eficiência requer que se reduzam os erros em micro processos. Principalmente, no setor de operação, onde atrasos podem se tornar falhas no fornecimento.

Em seguida, estudamos de que forma as interfaces podem comprometer a confiabilidade, funcionamento de equipamentos e qualidade do produto.

#### **1.4 Influências da interface gráfica na qualidade da operação**

O cumprimento dos critérios de qualidade, discutidos anteriormente, define a necessidade de reduzir, ou até mesmo eliminar, condições que possam conduzir a erros ou atrasos em micro operações.

Nas empresas automatizadas de energia, grande parte das tarefas de supervisão e controle é realizada através de interfaces gráficas, onde o operador encontra informações, e comandos, para atuar no sistema. Nesses ambientes, a qualidade das interfaces com o usuário influencia o desempenho global do sistema (SCAICO; TURNELL; PERKEUSHI 2004). Segundo Filgueiras, (1999, p. 3), o erro humano está relacionado à interação com o sistema. Diz a autora que: “*A natureza da interação homem-computador é responsável pela natureza dos erros humanos*”.

Isso acontece porque aspectos como visibilidade, compreensão, e disposição de informações, influenciam os processos cognitivos que resultam na compreensão das situações investigadas, e conseqüentemente, nas decisões dos operadores. É comum encontrar, nos displays de automação, botões que desencadeiam ações de naturezas diferentes, aproximados, enquanto informações complementares podem estar em telas separadas; A aproximação de comandos diferentes pode, por exemplo, levar o operador a parar um equipamento, quando o que ele pretende é ir a outra tela. Já o distanciamento de informações complementares pode fazer com que o operador perca tempo navegando pelo sistema, ou ainda, que ele seja conduzido a associar idéias de forma equivocada. Para Smith e Mosier, (1986), é provável que falhas isoladas no design da interface não causem erros no sistema, já que o usuário aprende a compensar o mau design com esforços extras e se adapta ao dispositivo. Porém, o acúmulo dos efeitos dessas falhas pode resultar em erro no sistema, desempenho ruim e reclamações dos usuários.

Erros, e atrasos, nas tarefas da operação, prejudicam o desempenho da empresa de forma direta. Por esse motivo, podem ser facilmente identificados. No entanto, existem outras observáveis, de natureza indireta, na questão dos displays de automação: os efeitos do uso, e do desenvolvimento de interfaces, no ambiente interno à empresa.

A introdução das novas tecnologias demanda a criação de novos processos dentro das organizações, tais quais, treinamentos, e tarefas relativas ao suporte do novo sistema. Dentre elas, o desenvolvimento de novos sistemas (auxiliares às tarefas da operação), e o desenvolvimento de dispositivos de interface. Essas tarefas costumam ser de responsabilidade do setor de engenharia. Seus executores, normalmente, possuem outras atribuições (prioritárias, frente às novas), sendo sobrecarregados em volume de trabalho. No projeto das interfaces gráficas, os esforços extras, incluem: o uso dos softwares de desenho, cujas funções não são suficientes para desenvolver boas interfaces, falta de treinamentos na tarefa específica e, por vezes, no uso do programa de desenho. O processo costuma ser dispendioso em tempo e desgastante para os envolvidos, que devem lidar com uma atividade para a qual não foram preparados, com as reclamações dos usuários e com as demandas de seu trabalho original.

A inadequação das interfaces gráficas às tarefas da operação pode resultar em erros e falhas humanas, capazes de comprometer, diretamente, a confiabilidade dessas empresas. O processo de desenvolvimento dessas interfaces, por sua vez, desvia recursos necessários a outros processos, tais quais, mão de obra especializada e tempo, podendo resultar em: falhas nas interfaces, sobrecarga de trabalho, estresse dos envolvidos, e criação de novos processos. Esses aspectos, reunidos, prejudicam a eficiência da organização, como um todo (se lembrarmos os critérios de qualidade na empresa de Slack, no item 1.3 desta dissertação).

## **CAPÍTULO 2**

### **INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR**

#### **NAS ATIVIDADES DE SUPERVISÃO, E CONTROLE**

Neste capítulo buscamos compreender a natureza da interação humano-computador na situação de estudo: Supervisão e controle de indústrias através dos displays de sistemas de automação.

Para tanto, na primeira seção estudamos a disciplina conhecida como HCI. Sua estrutura de temas indica que a adequação das interfaces gráficas, nosso objeto, demanda estudos complementares sobre o contexto de uso nas empresas, tecnologias envolvidas, aspectos humanos e a observação do processo de desenvolvimento.

Orientados pela disciplina, investigamos as exigências humanas, e a natureza das tarefas em operação de sistemas na indústria elétrica, contexto de uso dos displays. Nessa parte do texto, caracterizamos as tarefas de supervisão e controle nas empresas de energia, e os encaminhamentos da ação dos operadores. Desvendar a tarefa é necessário para determinar parte dos suportes necessários ao humano. Outros suportes podem ser requisitos da empresa, necessidades específicas do cotidiano de cada situação de trabalho (em cada empresa usuária), e também, requisitos técnicos, relativos ao desempenho dos sistemas digitais. Sendo assim, em seguida, apresentamos os sistemas digitais para controle de processos: SCADA e SDSC, tecnologias envolvidas na situação estudada. Falamos a respeito das funções, e estrutura, onde estão localizadas as IHM. A pesquisa continua com a descrição das interfaces gráficas, sua classificação, conteúdo, funções, processo de desenvolvimento e novas técnicas gráficas para representação da informação.

## 2.1 HCI

A disciplina conhecida como *HCI (Human Computer Interaction)* estuda o design, avaliação, e implantação, dos sistemas interativos de computação, para uso humano, e os fenômenos que os circundam. A disciplina foi formulada pelo grupo de pesquisas *Association for Machinery Computer (ACM)*, segundo o qual: “a introdução do computador a situações de trabalho requer que os aspectos humanos, técnicos e laborais sejam ajustados entre si, através de aprendizado humano, confecção de sistemas apropriados e etc.” (HEWETT, 1992). Esses estudos são organizados em áreas correlatas e subdivididos em temas, conforme podemos ver na ilustração 2.

Fonte: Hewett, (2002)

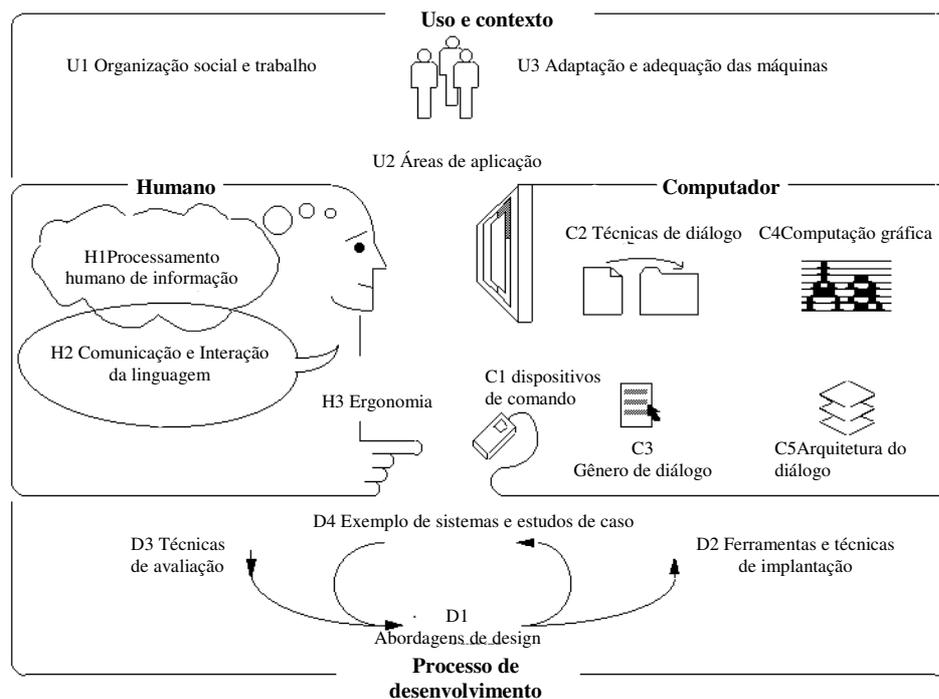


Ilustração 2 – Escopo dos estudos em HCI.

### 2.1.1 Terminologia da Interação Humano – Sistema de Trabalho

A seguir, apresentamos os termos mais usados para denominar os dispositivos para interação humano-sistema.

*IHM*, acrônimo dos termos: interação humano-máquina e interação homem-máquina, usados no ambiente industrial para definir os dispositivos de interface, de sistemas, processos ou equipamentos, com o usuário.

O termo: Interface com o usuário, ou sua sigla: *IU* refere-se, comumente, às interfaces digitais, como softwares de interface com o usuário, protocolos de comunicação sistema-usuário e interfaces gráficas.

A sigla *GUI* (Interface Gráfica como Usuário), especifica interfaces baseadas em uma modalidade e interação conhecida como: manipulação direta. O conceito, introduzido por Shneiderman, B., 1983 (em NALVARTE, 2004), descreve o tipo de interação onde a ação é deflagrada através de ações físicas diretas sobre objetos virtuais.

## **2.2 Tarefas de operação – Supervisão e Controle de processos**

Displays gráficos de sistemas de automação são ferramentas virtuais que dão suporte às atividades em salas de controle. Para auxiliar a compreensão da situação de trabalho em que a ferramenta é utilizada é necessário compreender a natureza das tarefas de supervisão e controle, segundo aspectos gerais, e na situação específica: supervisão e controle na indústria de energia.

### **2.2.1 Aspectos gerais**

Em tempo real, as tarefas de supervisão de processos possuem funções estratégicas e funções táticas, relacionadas ao controle de parte de um sistema de produção. O operador recebe do sistema digital informações contínuas (medições) e discretas (estados e alarmes). Essas tarefas se dividem em três classes (ROUSE, 1983 em RIERA; DEBERNARD):

### *Comando*

Os operadores atuam no processo em momentos determinados, em situações normais ou de anormalidade. Modificando pontos de ajuste ou modificando modos. Costuma ser possível modificar ou corrigir ações.

### *Monitoramento*

O operador supervisiona, e avalia o estado do processo em curso, como espectador. O objetivo principal é identificar condições anormais, o objetivo secundário é atualizar o modelo mental do operador, para que seja hábil na tomada de decisões, durante a ocorrência de algum problema. A detecção de funções anormais pode ser ativa, quando acontece durante observação do processo, ou passiva, quando algum alarme é disparado.

### *Diagnóstico*

É a determinação das causas primárias da ocorrência identificada, e também, os efeitos no processo. Primeiramente checa-se a validade do problema, sistemas de larga-escala são supervisionados por sensores que fazem *feedback* de controles, ou simplesmente informam a respeito do processo, o operador deve ser capaz de prever quando o processo vai retornar ao seu estado estável. A capacidade de abstração, e a necessidade de tomar decisões, mesmo em estados estáveis, justificam a impossibilidade de excluir o humano do ciclo de supervisão.

## 2.2.2 Situação específica - Tarefas de supervisão humana nas empresas de energia

### *Monitoramento*

Tarefa de vigilância onde há busca visual de sinais descontínuos, erráticos ou não frequentes através de diversos displays (WICKENS; HOLLANDS, 2000). A busca depende da estabilidade do estado de vigilância humana, segundo Harris e

Chaney, 1969; Parasuraman, 1986, (em HOPPE, 2004) o estado de atenção tende a ser reduzido após meia hora de vigilância. Essa característica é acentuada quando há longos períodos de inatividade, e ocorrências inesperadas que exigem presteza para identificação e correção.

### *Identificação de falhas*

Etapa da tarefa de supervisão onde o operador deve reconhecer falhas no sistema, tais quais, variações de voltagem, sobrecargas de linha, etc. Segundo a teoria de modelagem de sinais (GREEN; SWETS, 1966. em HOPPE, 2004, p. 3) a identificação de falhas acontece em duas etapas, a saber:

- Evidencia sensorial – Acontece com ou sem a ocorrência de falhas.
- Decisão que confirma a existência de falhas, com base na evidencia sensorial.

A atenção, nesse estágio, pode ser classificada em seletiva, focada, ou dividida. O design do display, e os requisitos da tarefa específica de detecção de falhas, determinam que na atenção seletiva ótima, o operador se direcione para áreas do display onde estão os aspectos mais relevantes à tarefa.

Atenção focada envolve concentração, em alguma fonte de informação predeterminada no display. Sistemas de informação subótimos, podem acarretar em decisões intencionais, mas erradas; Podem acontecer quando um operador intenciona cessar essa informação subótima e não consegue (YANTIS, 2003, em HOPPE, 2004).

Atenção dividida envolve o processamento de diversos componentes de displays, através do sistema (WICKENS; HOLLANDS, 2000). Essa qualidade de atenção limita-se pela habilidade do operador em partilhar o tempo entre as diversas tarefas, ou por falhas na integração entre fontes de informação visual.

### *Diagnóstico e recuperação das falhas*

Acontecem em estágios seletivos da detecção de falhas, quais sejam percepção, reconhecimento e atenção, através dos quais operadores devem proceder

as seguintes etapas: Integrar informação perceptual bruta de diversos canais, formular uma hipótese sobre o estado do sistema, identificar possíveis ramificações de tal estado, prover uma solução para o problema caso ele exista.

As decisões do operador também podem ser guiadas por expectativas ou noções prévias acerca da situação com que está lidando. Ainda nesse processo, é necessário que o operador atualize seu modelo mental frequentemente, criando a necessidade de utilizar memória de longo prazo (para *background* de conhecimento) e memória de trabalho.

Durante o diagnóstico de falhas o operador enfrenta diversos indícios, alguns exigem atenção seletiva, e outros necessitam processamento paralelo. Nesse caso a integração de informações é um desafio para atenção humana. Ou seja, para situações como essa, onde são necessários processamento e atuação, sobre múltiplas fontes de informação, o design das ferramentas de diagnóstico deve incorporar princípios de proximidade e compatibilidade. Segundo os quais, caso sejam necessárias para a compleição da tarefa, as informações devem ser aproximadas, no espaço visual, ou por orientação a objeto; Considerando os critérios listados a seguir (BARNETT e WICKENS, 1988; WICKENS e ANDRE, 1990, WICKENS e CARSWELL, 1995, WICKENS e HOLLANDS, 2000, em HOLMES, 2004):

- Alta proximidade da tarefa – Quando as informações vêm de múltiplas fontes e são necessárias para compleição das tarefas. São tarefas que envolvem comparações complexas e síntese de informações.
- Baixa proximidade da tarefa – Informações devem ser afastadas quanto menor o grau de correspondência. Tarefas com baixa proximidade da tarefa podem ser leitura de valores discretos, leituras e comparações simples.

Os operadores devem lidar com os dois tipos de tarefas de diagnóstico de falhas, portanto os displays devem ser projetados de acordo. A formação de um modelo mental exato das propriedades estatísticas e eventos do ambiente é crítico para essa etapa da operação, porque contém as expectativas do operador quanto à

frequência e localização de falhas dentro do sistema. Também guia sua mostra de padrões visuais. (BELLENKES; WICKENS; KRAMER, 1997, em HOPPE, 2004).

De acordo com Holmes, 2004, displays ótimos serão desenvolvidos quando os designers passarem a reproduzir o modelo mental do usuário nas ferramentas de diagnóstico de falhas. Segundo Filgueiras, L. (1999), tipos diferentes de erros são desencadeados por determinadas falhas na interface. Os do tipo equívoco (*mistake*), mais graves, são causados pela complexidade cognitiva da interface; Deslizes (*slips*) e lapsos, se devem às sintaxes da interface, ou seja, resultam da não compreensão do significado de sinais e símbolos. Dentro dessa classificação ela cita como erros prováveis aqueles relativos à:

*Cognição artificial* (HOLLNAGEL, 2004)

Quando o desconhecimento do comportamento do sistema leva o operador a cometer ações incorretas.

*Erros causados pela navegação no espaço virtual*

Ocorrem quando o usuário procura informações relativas à tarefa, pelo sistema. A crescente disponibilidade de informações torna mais difícil identificar as que são fundamentais em determinados contextos.

*A automação das tarefas humanas.*

A redução das tarefas manuais eleva significativamente a sobrecarga cognitiva. É apontada como causa de erros por desatenção, devido ao tédio pelos longos períodos de supervisão sem ação física. E também pode conduzir à perda de habilidade para ações emergenciais, pela falta de prática.

## 2.3 Sistemas de automação

SCADA, e SDSC, são dois sistemas de controle, relacionados ao nosso estudo. O primeiro deles encontra-se em operação, na empresa, onde realizamos o trabalho de campo. O outro, ainda não estava em operação, mas suas telas foram as primeiras a vermos, no contexto dos estudos. (como veremos no capítulo 7)

### 2.3.1 SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition

Sistema de automação para supervisão e controle de plantas industriais. Usados em processos na indústria de geração de energia (SCADA – EMS), indústria química e também em locais de processos experimentais, como por exemplo, fusão nuclear. Realizam manobras remotas no sistema controlado e coletam dados em tempo real.

Podem rodar em plataformas DOS, VMS e UNIX; Recentemente desenvolvedores de sistemas de automação migraram para plataformas NT e alguns também para Linux (DANEELS, A; SALTER, W., 2000).

Consiste de um pacote de equipamentos e softwares, estruturados para que seja possível realizar manobras remotas na planta. A arquitetura do sistema inclui pontos de medição, distribuídos em campo, conjuntos de equipamentos e programas que realizam a interação desses pontos de medição com os consoles de controle (Ilustração 3).

Adaptado de Ricardo, J. 2004.

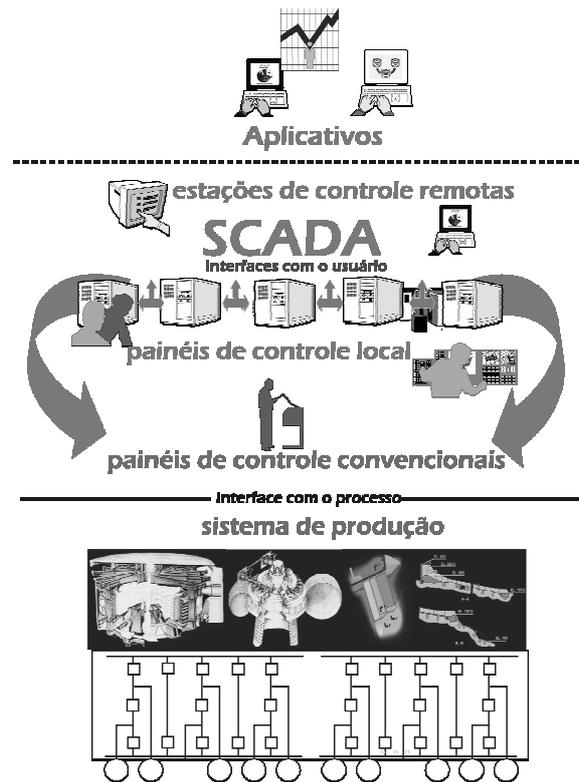


Ilustração 3 - Arquitetura das interfaces em um sistema SCADA-EMS.

Segundo Guedes, A., (2005), os sistemas SCADA realizam as seguintes tarefas, remotamente:

*Controle dos dispositivos:*

- Disjuntores
- Reles de bloqueio
- Nível de reativos e de tensão nos barramentos
- Inibição das ações de controle em determinados equipamentos

*Comando dos dispositivos:*

- Supervisão da atuação dos relês de proteção convencional, e digital.
- Alteração das curvas de atuação dos relês digitais.
- Reconhecimento, silenciamento, e inibição de mensagens de alarmes.
- Acesso a todas as telas de diagramas unifilares, tabulares, e de tendências.
- Entrada manual de grandezas telemedidas, e calculadas.

- Impressão em papel das telas e relatórios operacionais.

### 2.3.2 SDSC – Sistema distribuído de Supervisão e Controle

Sistemas Digitais de Controle Distribuído são sistemas de automação para controle direto de equipamentos. Possui interfaces com o usuário, em consoles de IHM (similares ao dos SCADA), e também em painéis nos próprios equipamentos. Caso haja um sistema SCADA para controle da produção, as telas do SDSC também poderão ser acessadas, a partir dele.

### 2.3.3 Interfaces em processos automatizados

Guedes, A., (2005), descreve cinco níveis de abstração em um processo automatizado (ilustração 4). No nível dos processos físicos encontramos os equipamentos do sistema de produção. Sobre ele, o nível dos sensores e atuadores, contém instrumentos para controle dos equipamentos, e aquisição de dados. No nível: controle direto, lógicas de programação controlam os sensores e atuadores, para garantir a confiabilidade, e rapidez, do fluxo de informações (no nível inferior). Acima dele, nas redes de comunicação, protocolos e tecnologias interliga as fontes de informação e equipamentos. No nível de supervisão, os usuários podem visualizar informações e realizar ações no sistema. Por fim, no nível da gerência, é possível acessar informações estratégicas, do sistema.



Ilustração 4 – Níveis de abstração.

## 2.4 Interfaces gráficas

Entre os níveis de abstração descritos por Guedes. A, (2005), existem diversos tipos de interfaces, dentre elas, as interfaces gráficas com o usuário, disponíveis nos níveis: supervisão e gerência. É comum que os usuários as descrevam como visualmente poluídas, devido à quantidade de elementos gráficos, e ao uso das cores.

Sua função é manter o usuário ciente do que acontece no processo, e no caso das IHM da operação, conter recursos para comando desse processo. Nessas telas, o usuário encontra informações sobre o processo monitorado, e comandos para determinadas ações; Também são necessários, recursos para navegação no sistema de controle, e informações sobre seu estado de funcionamento. Ou seja, além das informações sobre o objeto monitorado, existem mensagens do próprio sistema de automação, complementares à percepção das situações investigadas pelo operador; Falhas no sistema de controle podem alterar o significado dos dados colhidos, no sistema monitorado. Caso o usuário as identifique, os responsáveis por sua manutenção devem corrigi-las, mas antes disso o operador buscará outras estratégias para entender a situação.

Azevedo, e Sieckenius, (1996), classifica os elementos da interface em três grupos:

### *Componentes de uso geral*

Menus interativos, botões de apertar (clicar), janelas *popups*, e etc. (Elementos de interação comuns a qualquer interface de sistemas, programas ou mídias). São fornecidos em *toolkits*, são protocolos de diálogo preferenciais.

### *Elementos 2D e 3D*

Também fornecidos em bibliotecas (como no item anterior), transmitem informações ao usuário, com certo nível de interatividade (*links* para outras telas, outros aplicativos). Podem ser ícones, símbolos, blocos, etc.

### *Elementos específicos da indústria de energia elétrica*

Representam, simbolicamente, os componentes relevantes, e processos de uma indústria de energia. Sendo o elemento, mais importante, no alcance dos objetivos da interface são desenvolvidas pelos programadores da interface, sem esforços de pesquisa em eficiência.

Para os autores, componentes de uso geral, e elementos 2d e 3d, se encontram em estado maduro de desenvolvimento, porque são usados em muitas áreas, e também, muito pesquisados. Os elementos específicos da indústria de energia, por sua vez, são desenvolvidos amadoramente, e exigem pesquisa a respeito de sua aplicação.

#### 2.4.1 Representação gráfica de informações

Segundo Hoppe et col (2005), uma imagem pode representar a mesma idéia expressa por centenas de palavras, ou incontáveis algarismos numéricos. Portanto, o objetivo da representação gráfica, em sistemas digitais, é sintetizar informações para que o usuário compreenda determinado contexto, e não dados isolados.

As informações, nas telas, podem ser classificadas em dois grupos principais: compreensão do sistema monitorado e funcionamento do sistema de controle. A seguir falaremos sobre o primeiro caso: representação do sistema monitorado.

Para que o operador controle processos, e equipamentos, ele busca indicações sobre o andamento dos processos. Elas informam basicamente, as seguintes situações: conectividade, estado, magnitude e tendência. Conectividade indica se um equipamento está, ou não, conectado com o sistema de controle; Estado corresponde ao seu funcionamento em determinado momento. Ele pode variar entre: norma/anormal, ligado/desligado, entre outros; Magnitude corresponde à medida das grandezas elétricas, relevantes ao processo; E tendência às estimativas sobre o desempenho de um processo, ou de uma grandeza, com base no seu comportamento (dentro de uma medida de tempo), para indicar seu estado futuro.

Esses conceitos são demonstrados através de diversas técnicas, como cores e piscamentos. E muitas vezes são associados ao símbolo dos equipamentos monitorados (ilustração 5).

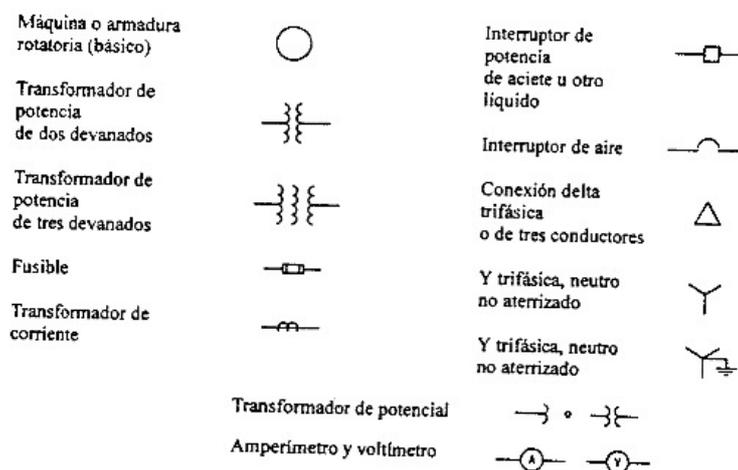


Ilustração 5 – Equipamentos elétricos e seus símbolos.

Os processos costumam ser representados por diagramas tradicionais da engenharia, como o unifilar, na ilustração 6.

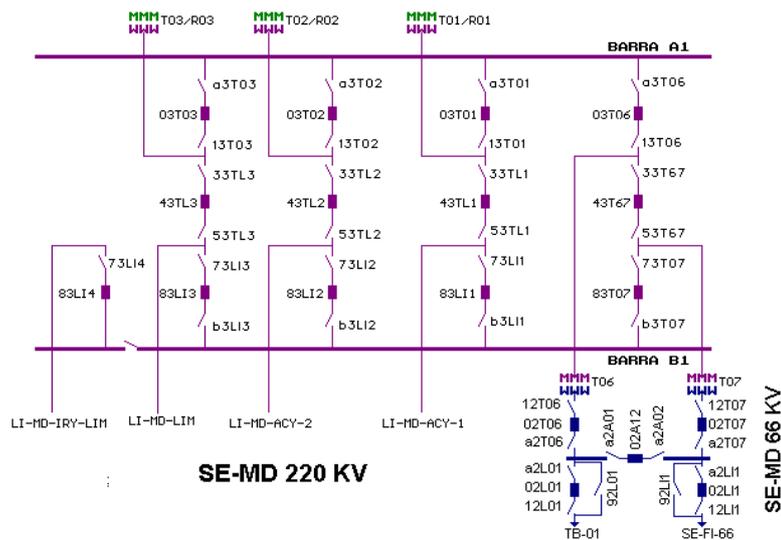


Ilustração 6 - Diagrama unifilar original.

Os recursos visuais costumam seguir padrões, para que sejam compreendidos universalmente. Formas geométricas simbolizando equipamentos; Cores indicam estados, setores ou funções; Animações, normalmente, piscamentos ou troca de cor, significam tendências, mudança de estado ou dados em tempo real. Esses recursos são requisitos básicos e principais, no projeto de interfaces gráficas.

Os elementos da interface gráfica são: botões (para acesso a outras partes do sistema e comandos), menus, títulos (nome da página, função do botão), barras de ferramentas, ícones, cursores, janelas, campos para entrada de dados, campos para visualização de dados, gráficos, desenhos ilustrativos (logotipos, imagens sem função). Podem ser representados de diversas formas, mas existem convenções a esse respeito. Elas são discutidas a baixo.

Botões podem ser conexões para outros locais, ou acionadores de algum processo. Costumam ser representados por retângulos, em alto relevo, com o nome de sua função, escrito no centro.

Os menus fazem parte do console principal, onde barras de tarefas do sistema são distribuídas. Sua aparência acompanha o padrão do sistema de controle.

A apresentação de títulos, textos e referências alfanuméricas em geral, varia no tamanho dos caracteres, uso de maiúsculas e minúsculas, tipo de letra (fonte),

efeito negrito, itálico e sublinhado. Números e letras, eventualmente, são referenciados por cores. Essas variantes são aplicadas conforme a função do texto (dados de tempo real em verde, rótulo de equipamento em preto, sublinhado, por exemplo).

Campos para entrada de dados, são vistos por vezes, em retângulos de baixo relevo, ou retângulos simples, sem outros efeitos. Por vezes, a cor de fundo indica sua função.

É comum que os mostradores de dados apareçam em forma de retângulos, em baixo relevo, com fundo escuro (preto, ou cinza). Nesse caso, o significado: mostrador de dados é composto de um contexto, formado pela cor de fundo, efeito de baixo relevo, formato do campo e cor de letra.

De forma geral, os desenvolvedores usam cores, formas e recursos visuais aplicados em sistemas usados em larga escala (*windows*, *linux*, internet, entre outros).

#### 2.4.2 Classificação dos displays quanto à função

Os displays atendem a funções diferentes, dentro do conjunto de telas. Devido às particularidades de cada função, cada grupo apresenta características visuais diferentes.

- Mímicos - Representam o sistema ou processo, através de diagramas (Ilustração 7).
- Síntese de telas - Funciona como menus, dando acesso a outros conjuntos de telas no sistema (Ilustração 8).
- Síntese de dados de produção - Reúne grupos de informações, também existentes em outras telas (Ilustração 9).
- Listas (equipamentos, alarmes, ocorrências, pontos de medição). - Contém listas de alarmes, equipamentos, processos e etc. (Ilustração 10).

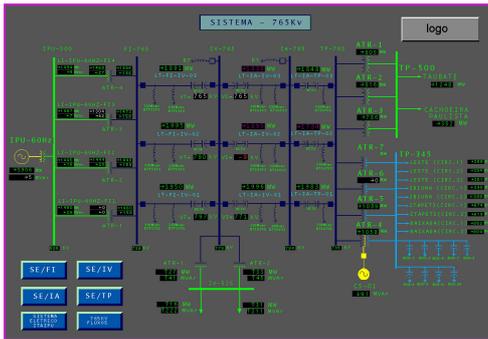


Ilustração 7 - Tela como diagrama mímico do sistema de 765kv.



Ilustração 8 - Display síntese de um sistema CAT.

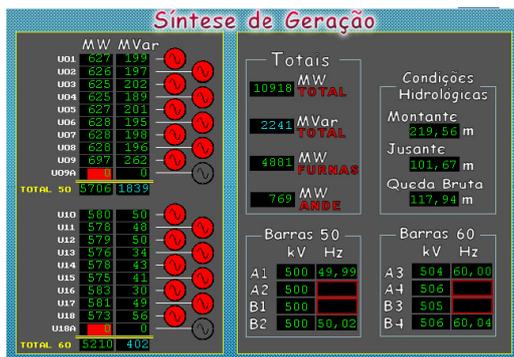


Ilustração 9 - síntese de dados de produção por unidade geradora



Ilustração 10 - Tela do aplicativo SCADA - CAG

### 2.4.3 Processo de desenvolvimento

O desenvolvimento de interfaces com o usuário costuma ser das últimas etapas na implantação de sistemas. É da cultura industrial, dedicar os esforços em aprimoramento, aos aspectos tecnológicos voltados ao desempenho das máquinas e sistemas. Conforme Guerrero, C., (2002):

*[...] “A preocupação com as interfaces para o usuário é normalmente considerada apenas em etapas finais do projeto, ou como uma parte separada deste. O resultado é que a interface passa a ser um “apêndice” do sistema. Contribuem sobremaneira com essa situação o fato das metodologias tradicionais de concepção de sistemas não levarem em conta o usuário, do ponto de vista de suas próprias características e do ponto de vista de seus objetivos; além da crença generalizada que uma “maquilagem” gráfica é suficiente*

*para proporcionar ao sistema as características: “fácil de aprender” e “fácil de usar”...]*

A perspectiva, descrita por Guerrero, C., vem se modificando lentamente. Algumas empresas percebem os problemas com as interfaces gráficas, mas eles acabam integrando o processo; Devemos considerar a evolução histórica da questão, primeiro existia o chão de fábrica, depois chegaram os sistemas de automação, a necessidade de criar telas de controle, e depois dessa, a necessidade de adequá-las ao uso. Paralelamente, diversas tecnologias, costumes, e necessidades modificaram o cotidiano na fábrica; Entre essas novas necessidades, a de desenvolver dispositivos interativos ergonômicos.

Não existem ainda, padrões-guia para construção das telas. Apenas convenções, e normas específicas de cada empresa, aplicáveis a alguns elementos da interface (tamanho das letras, rótulo de equipamentos, aparência de botões, entre outros). Essas diretrizes orientam o desenvolvimento dos displays, mas acabam não funcionando como padrões. Segundo Guerrero, e Lula Jr., (2002) a forma atual dos trabalhos teóricos não faz referência explícita à tarefa e isso impossibilita o uso durante o processo de concepção. De acordo com os autores, também é necessário transferir atributos das tarefas para os displays, conforme o texto: *“é necessário definir regras que permitam explorar atributos da tarefa de forma que seja possível traduzi-las sob forma de objetos da interface.”* (ROBERT, 1996 em GUERRERO, e LULA JR., 2002).

Outro autor, Scapin, (1986), no mesmo artigo, atribui essa as dificuldades em aplicar o material teórico à falta de formalização na descrição das tarefas, e à falta de conhecimentos em Ergonomia dos desenvolvedores dessas interfaces. De fato, a disciplina Ergonomia, não faz parte da formação profissional dos envolvidos.

Frente à sobreposição de tarefas, prazos curtos e muitas questões variáveis, as diretrizes para construção de interfaces acabam sendo burladas, abrem-se precedentes, e o padrão gráfico acaba tendo muitas exceções (por exemplo, botões devem ser azuis, mas também podem ser cinza em algumas telas). As questões variáveis, que se abrem no decorrer dos projetos, surgem do grande volume de

informações ( em dados, normas técnicas, rótulos, etc.) a ser administrado. Um caso ilustrativo disso acontece quando é necessário acrescentar determinados gráficos (fundamentais) a uma tela, caso não haja espaço, pode ser necessário reduzir o tamanho das letras, ou deslocar determinado botão, ou que ele modificar o tamanho desses botões.

Há ainda a questão da “dureza”, dos programas para desenho de telas. Esses programas costumam ser fornecidos junto com o sistema de automação, como recurso auxiliar, e não como um produto propriamente dito. O uso costuma ser difícil, muitas vezes, os softwares não oferecem funções facilitadoras à tarefa de desenho (régua, ferramentas para construção de linhas retas, recurso: copiar e colar, entre janelas diferentes, entre outros). O problema acompanha a questão da usabilidade dos sistemas de controle, os grandes fornecedores, desses sistemas, não costumam investir no aprimoramento de seus produtos, o que se explica pela estrutura desse mercado.

Os sistemas de automação são adquiridos em pacotes, junto com equipamentos de diversos tipos, como unidades geradoras, transformadores, e até mesmo os consoles de controle (micro computadores). Modificações necessárias a cada cliente são feitas durante o processo de compra, quando ele as especifica, e a empresa as providencia (junto com os técnicos da empresa cliente). Isso acontece com as funcionalidades técnicas do produto; Quanto às funções do uso, os fornecedores costumam negar modificações, argumentando que caso modifiquem o produto para um cliente, deverão fazê-lo a todos, e que ela os têm por todo o mundo. Trata-se de um mercado com produtos pouco diferenciados entre si, onde a tradição da empresa é também garantia de qualidade. Qualidade, nesse contexto, se refere à confiabilidade e rapidez na aquisição de dados para os sistemas; E ao desempenho, durabilidade, e confiabilidade dos equipamentos.

#### 2.4.4 Novas técnicas para visualização de informação

A demanda por novas técnicas em visualização de informações motivou a criação do “*Power Systems Engineering Research Center*” (PSERC), uma instituição

de pesquisas, Norte Americana. No Centro, universidades e indústrias investigam soluções inovadoras, em técnicas gráficas, que sintetizem mais informações (e não dados), em menos elementos. As imagens a seguir foram retiradas de pesquisas da instituição, elas apresentam técnicas, ainda em fase de desenvolvimento.

Na ilustração 10 (OVERBYE, 2005), vemos um mapa de severidade de contingências, ele mostra a localização, e pelo menos três variáveis diferentes (no mesmo cilindro), em cada ponto de medição. As cores indicam o grau de contingência, a altura mostra onde essa contingência se acentua, o diâmetro do cilindro serve de parâmetro para a extensão da contingência. O gráfico contém parâmetros de medidas, segundo o índice de cores. Em Overbye (2005), técnicas 2D, e 3D são comparadas em termos de eficiência, programação e recursos necessários para utilização. Investiga de que forma as imagens em 3 dimensões podem substituir, ou complementar os dados em formato escrito (mostrador de tempo-real).

Fonte: Overbye, 2005, p.25

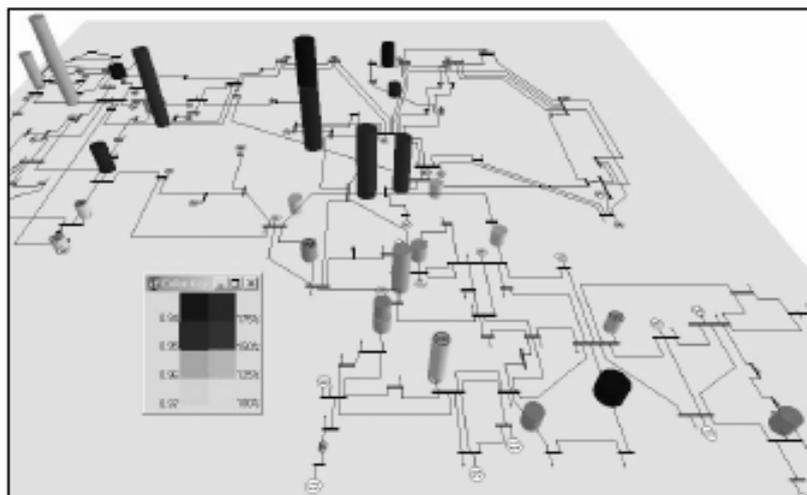


Ilustração 11 – Visualização geral, de severidade de contingências.

Na ilustração 11, cones e caixas 3d, mostram pelo formato das superfícies onde o sistema apresenta vulnerabilidades crescentes, decrescentes e constantes. Nele como no mapa anterior, a transparência nas construções 3d mantém a visibilidade do todo.

Fonte: Overbye, 2005, p.34

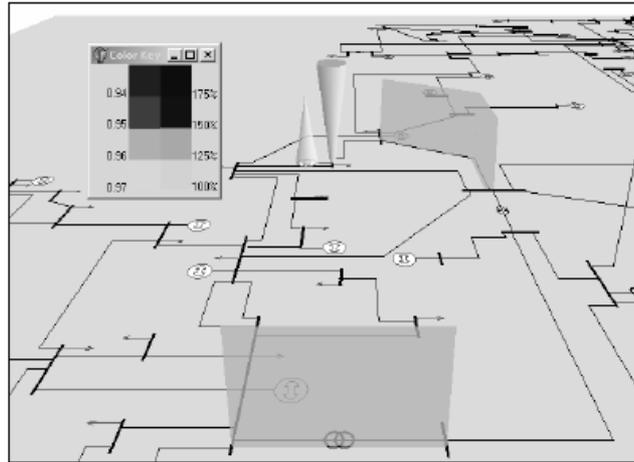


Ilustração 12 – Display de detalhe de vulnerabilidade

As ilustrações a seguir, respectivamente 13 e 14, mostram o uso de animação de cores, e malha topográfica, sobre diagramas 2D. O estudo de Meliopoulos, S., (ainda em andamento), investiga novas formas para demonstrar estados, tendências, localização, e extensão de danos (ou, outros fenômenos), em uma mesma imagem.

Fonte: Meliopoulos, S., p.6

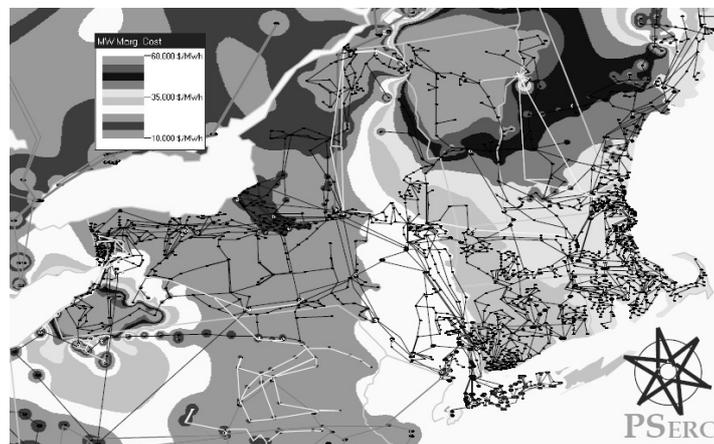


Ilustração 13 - Malha topográfica 2d.

Fonte: Meliopoulos, S., p.17

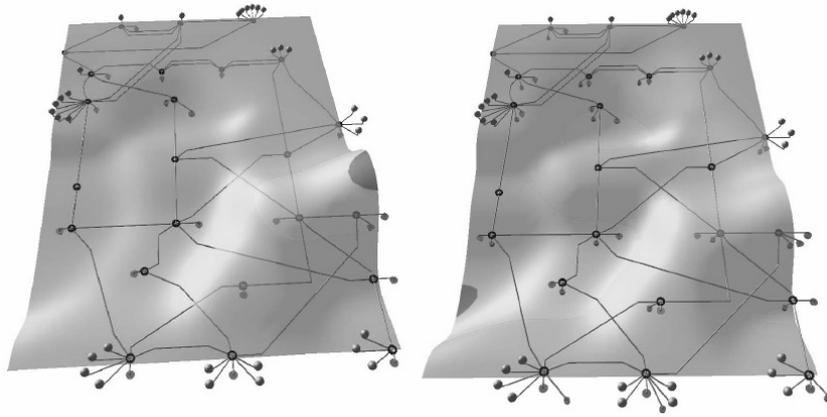


Ilustração 14 – Malha topográfica com cores e relevo animados.

## CAPÍTULO 3

### USABILIDADE

#### 3.1 Usabilidade

Segundo a ISO 9241, Usabilidade é a medida da qualidade da interação entre um sistema qualquer e seu usuário, se refere à eficiência dos recursos oferecidos por esse sistema, ao humano, para o cumprimento de objetivos pré-determinados. Podemos dizer que usabilidade corresponde à eficiência da interatividade de alguma coisa, ou ainda, à qualidade da interação. Para Coutaz, J. (1990 em CORDEIRO, P., 2001) conceitos de usabilidade, e qualidade, se correspondem naturalmente. No plano físico, pode ser aplicada ao ambiente, e aos equipamentos envolvidos no processo de trabalho, através da escolha de mobiliário, equipamentos de boa qualidade, arranjo físico dos mesmos, e da adequação das condições ambientais do local de trabalho (temperatura, iluminação etc.). Nas interfaces de sistemas digitais, usabilidade corresponde à facilidade, e eficiência, de uso e aprendizado dos sistemas. Trata-se, também, de um atributo fundamental à satisfação do usuário.

Segundo Jordan, P. (2000), o usuário percebe a boa usabilidade apenas nos primeiros momentos, até que se estabeleça certo padrão na qualidade do uso. Depois disso, ele passa a perceber, somente, a insatisfação causada por um dispositivo de desempenho inferior. Isso se aplica, propriamente, a situação dos usuários de sistemas de controle, que usam sistemas de melhor usabilidade no ambiente doméstico, e sistemas com menos recursos interativos no trabalho. Norman, D., (1990), em seu livro *“The Design Of Everyday Things”*, compara a sensação de utilizar um objeto sem boa usabilidade, ao uso da “Cafeteira de Carelman para Masoquistas” (Ilustração 15). Diz o autor, que objetos bem projetados são fáceis de interpretar, por possuírem pistas visíveis de como operá-los; E ainda, que os objetos mal projetados são de uso difícil, e por isso, frustram o usuário.

Copyright© 19697680  
Fonte: Donald A. Norman (1990)

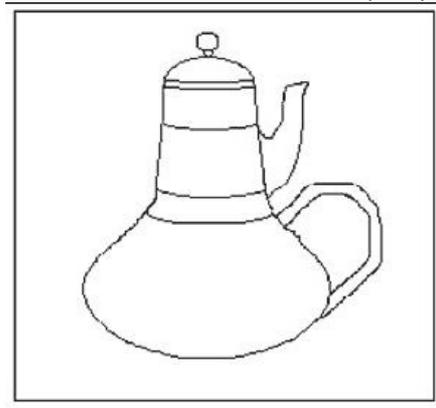


Ilustração 15 - Cafeteira Carelman para Masoquistas.

Qualidade, em interação humano-sistema, atende ao estímulo de valores subjetivos, eles consistem em sensações, tais quais, satisfação, realização, segurança, entre outras. A interatividade depende dos meios para a realização de ações, também conhecidos como: affordances.

### 3.2 Affordances

O termo “affordance”, proposto por Gibson, (1979), descreve: “as propriedades ativáveis entre o mundo e um ator”, seja pessoa, ou animal; Se refere às relações existentes na natureza, não necessariamente visíveis, nem sabidas, ou desejáveis, algumas delas, ainda para serem descobertas. Affordance percebida (NORMAN, D., 2004), é a forma de interação percebida pelo usuário. Já que em projeto de produto o foco é a percepção do uso, ou ainda, a forma como o usuário percebe que uma ação seja possível. O autor cita como exemplo, sistemas informatizados, onde é permitido tocar, selecionar, olhar e clicar em todos os pontos da tela, com o uso de teclado, apontador, botões de seleção, e tela do monitor o que nem sempre desencadeia uma ação. É possível tocar a tela do monitor, mas sem um dispositivo “touchscreen” nenhuma ação é ativada. Entretanto, a affordance tocável permanece a mesma em todos os casos. Ou seja, todas as telas permitem toque, sendo que apenas algumas percebem e respondem. O cursor que aparece quando se toca uma tela (diretamente ou com o apontador) não é uma affordance, e sim “feedback”, resposta visual. Pode-se dizer que a interação humano-sistema digital, hoje, dependa

das faculdades humanas da visão, audição, tato e cognição, e dos recursos digitais tais quais, interface gráfica (com botões, cursores, animações, textos, desenhos e etc.) e programação orientada a objetos. Affordances nesse caso são as possibilidades em interação entre as capacidades da percepção humana e os recursos oferecidos pelos sistemas de automação. Nem todas as propriedades interativas, possíveis entre humano e sistema, são relevantes ao uso eficiente, já que esse se define através de critérios e princípios, bem delineados, à luz da situação que se investiga. Norman, D. (2004), propõe uma série de questões, para especificá-las no design dos sistemas:

1. Os controles devidos podem ser percebidos?
  - a. Em um design para o uso fácil, os comandos podem ser percebidos e interpretados?
2. As ações desejadas podem ser descobertas?
  - a. Convenções padrão são obedecidas?

A aplicação das questões a cima depende dos objetivos do projeto. No caso dos displays para IHM, elas são fundamentais, porque cada elemento em tela deve representar com clareza: sua função, e conforme o caso, a mensagem que representa. O autor ainda propõe quatro critérios complementares a essas perguntas:

- Seguir convenções usuais, na escolha de imagens, e no tipo de propriedades a serem permitidas.
- Usar palavras para descrever ações, ou determinar rótulos para comandos.
- Usar metáforas.
- Seguir um modelo conceitual coerente, de forma que os princípios aprendidos em uma parte da interface sejam encontrados em outra parte.

O conceito de affordances sugere que se devam dotar os sistemas computadorizados, de certas capacidades que propiciem a interação com o humano, ao mesmo tempo em que sejam facilmente perceptíveis. Trata das ferramentas virtuais, para efetivação de ações, inseridas em um todo interativo que inclui o ambiente gráfico, e a arquitetura da navegação. Os princípios que determinam a usabilidade nesse todo interativo são apresentados a seguir.

### 3.3 Os cinco princípios de Nielsen

Nielsen, J., (1993), cita cinco princípios de usabilidade para design de produtos, que se aplicam, de forma genérica, a todas as classes de sistemas e objetos de interação com o humano. Esses princípios servem de embasamento teórico para a compreensão da Usabilidade, mas sua aplicação a situações específicas requer o estudo de suas peculiaridades.

#### *“Learnability”*

Refere-se à facilidade de ser aprendido. Quanto mais fácil o manuseio da ferramenta, mais rápido os objetivos, em usá-la, serão alcançados. Para que o usuário use determinado sistema, ele deve conhecer o significado dos símbolos que representam os comandos (a função representada por ele). Também é necessário que ele saiba onde pode encontrar essas funções, e o que pode ser com elas. Aprender a usar sistemas digitais, é uma necessidade paralela ao seu objetivo. Em outras palavras, alguém aprende a usar determinado sistema para fazer outra coisa. Logo, o uso do sistema não deve concorrer com a tarefa objetivo.

#### *Eficiência*

Produtividade (volume de produção e qualidade) do uso após o período de aprendizado. Atributo associado à utilidade da ferramenta, para usuários habilidosos, e devidamente treinados.

#### *“Memorability”*

Facilidade em ser lembrado após períodos sem uso. Característica associada à *“learnability”*, lembrar, facilmente, como se usa determinado sistema, depende do processo de aprendizagem.

## *“Errors”*

Baixa incidência de erros, relativa à constituição do sistema, de forma que haja poucas oportunidades para ações indesejadas pelo usuário, e caso elas ocorram, à facilidade de reversão.

## *Satisfação*

Satisfação, para usuários, consiste na forma como se sentem auxiliados pelo sistema, ou à sua não frustração com o uso. A lentidão de sistemas de informática é um bom exemplo. Comumente usuários se sentem irritados com a demora do sistema (JORDAN, P., 2000).

### **3.4 Usabilidade em sistemas digitais**

Usabilidade em sistemas digitais se define, basicamente, pelos seguintes atributos:

- Menor quantidade de cliques.
- Menos páginas a se percorrer, para completar ações.
- Presença de metáforas significativas, ao público de usuários.
- Seqüência de ações mais enxutas.
- Uso exclusivo de teclado, ou mouse, para completar tarefas (pouca alternância, entre eles).
- Facilidade de leitura (Contrastes favoráveis, tamanho de caracteres, disposição de objetos)
- Existência de recursos que mantenham o usuário ciente de sua localização no sistema.
- Recursos para recuperação de ações.

Classificar usabilidade, para sistemas de automação industrial, requer a identificação dos objetivos a serem alcançados com eles. As expectativas quanto aos produtos/sistemas, no contexto laboral, costumam estar relacionadas ao aumento da

produtividade, mesmo que através do conforto, ou de outro valor subjetivo. As interfaces gráficas, que discutimos, são ambientes virtuais onde o usuário desempenha tarefas de alto teor cognitivo. Elas são os meios, e não a finalidade do uso. No entanto, devido à complexidade das interfaces atuais, por vezes, acabam concorrendo com as tarefas de supervisão e controle, pelos esforços cognitivos dos usuários.

Diversos autores nos apresentam técnicas para avaliação, e desenvolvimento de interfaces ergonômicas. Elas são comentadas a seguir.

### 3.4.1 Técnicas de avaliação de interfaces.

Avaliação, e prototipagem são práticas comuns às metodologias de design, aplicáveis durante todo o processo para identificar requisitos, ou ainda, para reconhecer pontos, nas interfaces, onde os pré-requisitos não foram alcançados. Elas podem contar com a participação do usuário, ou apenas, com especialistas avaliadores. Comentamos as principais, a seguir:

#### 3.4.1.1 Técnicas não participativas

##### *Heurísticas*

Especialistas, em IHC, analisam as interfaces, guiados por uma lista de heurísticas. Para que sejam reconhecidos de 78 a 87% dos problemas, 3 ou 5 especialistas devem participar da avaliação. Resulta em uma lista de problemas, que devem ser acompanhados de uma lista de soluções aplicáveis. É considerado um método custo-efetivo, que dispensa logística aplicada.

### *Passeio cognitivo (“cognitive walkthrough”)*

Método analítico, onde especialistas, buscam pontos de violação aos princípios cognitivos, para reduzir o impacto da interface sobre a cognição. Mais eficiente quando aplicado durante fases iniciais do projeto, antes da implantação do produto.

### *Prototipagem*

Consiste na elaboração de modelos, funcionais, ou não, do sistema que está sendo desenvolvido. Prática necessária para avaliar o produto em desenvolvimento, quais pré-requisitos foram alcançados, e as dificuldades na construção (DIX. A., 1997. em NALVARTE, M., 2004).

#### 3.4.1.2 Participativos

### *Testes de usabilidade*

Usuários testam a interface, enquanto especialistas observam. Deve-se especificar, previamente, quais atributos serão avaliados, e também, a métrica que será aplicada. Dentre elas, são as mais comuns: o tempo necessário para cumprimento de tarefas, fração cumprida em determinado tempo, e quantidade de erros.

### *Estudos de campo*

Consistem na observação do uso, no contexto real, em que acontece. Permite descobrir aspectos não previstos, como, o itinerário dos usuários, interações pessoais, regulações, necessidades, etc. Bevan e Curson (1998, em NALVARTE, 2002), recomendam o método: “*Usability Context Analysis*”, baseado na ISO 9241111.

### *Questionários*

Revelam valores subjetivos do usuário (satisfação, por exemplo), podem incluir questões de cunho qualitativo, ou quantitativo.

### **3.5 Análise de métodos para avaliação de usabilidade**

Jeffries, R., (1991), analisa vantagens e desvantagens de 4 métodos de avaliação, usados no desenvolvimento de softwares. Segundo o autor, a avaliação heurística pode identificar muitos problemas, e dentre eles, os mais severos, a baixo custo, mas exige expertise em IU, e diversos avaliadores. Os testes de usabilidade identificam problemas sérios, e recorrentes. Evitam problemas de pouca prioridade, no entanto, exigem expertise, custam caro e falham na identificação de inconsistências. Diretrizes, identificam problemas recorrentes, gerais, e podem ser aplicadas por desenvolvedores de software. Mas falham na identificação de problemas severos. Passeios cognitivos ajudam a identificar os objetivos, e requisitos. Podem ser usados por desenvolvedores de softwares, mas exigem metodologia de definição das tarefas, são tediosos, e não revelam problemas gerais, recorrentes.

No próximo item, apresentamos a lista de diretrizes usada no desenvolvimento deste trabalho, para guiar a observação das interfaces gráficas (mais à frente, no trabalho de campo), e para a elaboração das propostas de solução.

### **3.6 Diretrizes ergonômicas para design de interfaces com o usuário**

Essa lista de diretrizes foi elaborada na Universidade de Cornell, com base no livro de Hix, D. e Hartson, H.R., (1993). Trata-se de uma lista de práticas, para alcance de determinadas qualidades interativas, voltada para o desenvolvimento de softwares de interface com o usuário.

#### **1 Consistência (Princípio de menor surpresa)**

Atribuir o mesmo significado, ou tratamento, a elementos de mesma função, ou correlacionar determinada função e sua característica (ex.: todos os botões de navegação devem ser representados em alto relevo), todo o tempo.

- 1.1 Certos aspectos, das interfaces, devem se comportar da mesma forma, a qualquer momento em todas as telas.
- 1.2 A terminologia deve ser a mesma entre todas as telas
- 1.3 Os ícones devem ser consistentes entre as telas
- 1.4 As cores devem ser consistentes nas telas de mesma função.
- 1.5 Botões, de mesma função, devem ter a mesma aparência em todas as telas do sistema. Botões com funções diferentes devem ter aparência diferente.

## 2 Simplicidade

- 2.1 Quebrar tarefas complexas em tarefas mais simples
- 2.2 Quebrar longas seqüências em passos separados
- 2.3 Manter a facilidade da tarefa, com ícones, palavras etc.
- 2.4 Usar ícones/objetos familiares ao usuário

## 3 Reduzir o uso de memória humana

- 3.1 Organizar informações em grupos menores, de blocos. Criar seqüências de tarefas pequenas.
- 3.2 Não apresentar informações importantes na tela por períodos breves de tempo.
- 3.3 Organizar campos de informações, na tela, de acordo com as expectativas do usuário. E prever, automaticamente, “inputs” de usuários (Ex.: Auto formatação de números de telefone).
- 3.4 Determinar dicas/auxílios de navegação, para que o usuário saiba onde ele está no software.
- 3.5 Determinar lembretes, ou avisos, conforme apropriado. Ex.: avisos de desligamento, e confirmação de ações.
- 3.6 Determinar feedback contínuo sobre o que está acontecendo, ou já aconteceu.
- 3.7 Permitir que o usuário reconheça, ao invés de relembrar informações.
- 3.8 Reduzir sobrecarga de memória, limitando o tamanho das seqüências, e quantidade de informações.

## 4 Objetividade cognitiva

- 4.1 Minimizar transformações mentais de informação (usar mensagens objetivas).
- 4.2 Usar ícones e letras familiares aos usuários.
- 4.3 Usar dicas visuais apropriadas, como setas de direção.
- 4.4 Usar metáforas do mundo real, sempre que possível.

## 5 Retorno

- 5.1 Estabelecer *feedback* articulatório, apropriado, como por exemplo: asteriscos no campo senha (Ou seja, mesmo quando a mensagem não deve ser vista, deve-se informar o usuário que algo está sendo feito).
- 5.2 Essas respostas podem ser visuais, ou auditivas (sinais sonoros que identifiquem erros, ou situação de normalidade. Como cliques, bips do sistema etc.)
- 5.3 Determinar *feedback* semântico, que confirme a intenção da ação. (Brilhar um item quando o cursor passa por cima dele).
- 5.4 Implementar indicadores de status, apropriados, que mostrem ao usuário o progresso do trabalho do sistema. (ex.: a ampulheta que informa q o sistema está em processamento, e não concluiu a tarefa ordenada).

## 6 Mensagens do sistema

- 6.1 Usar linguagem familiar aos usuários. Como exemplo, é citado o uso da frase: “ocorreu um erro na cópia do disco”, ao invés de “erro de execução 159 ”.
- 6.2 Evitar mensagens ambíguas do tipo “aperte qualquer tecla para continuar”. Recomenda-se usar: “tecle *enter* para continuar”.
- 6.3 Evitar mensagens ameaçadoras, como: erro fatal, erro catastrófico etc.
- 6.4 Usar palavras construtivas, como: “por favor, digite seu nome” , e evitar mensagens ambíguas, como: “entrada inválida ”.
- 6.5 Usar mensagens enfatizando erros de sistema.

## 7 Antropomorfização

Não atribuir características humanas ao sistema. Evite mensagens do tipo: “tenha um bom dia”.

## 8 Modalidade

- 8.1 Aplicar os modos com cautela. (Modo é um estado de interface, onde as ações do usuário acontecem de forma diferente. São sinalizados por mudanças visuais, como mudança de cores, ou formato de objetos).
- 8.2 Minimizar o número de pré-estados.
- 8.3 Nos pré-estados, o usuário deve completar uma tarefa antes da próxima. Nele, outras funções do software permanecem desabilitadas (conforme as caixas de diálogo, para salvar arquivos).
- 8.4 Tornar as ações facilmente reversíveis, através de funções “desfazer”. Porém, com cautela.
- 8.5 Estabelecer alternativas para saída das operações.

## 9 Atenção

- 9.1 Usar técnicas de captação de atenção com cuidado. Evite o uso excessivo de piscamentos em páginas de *web*, mensagens súbitas e etc.
- 9.2 Usar, no máximo, 4 fontes por página.
- 9.3 Usar fontes serifadas, e não serifadas, propriamente.
- 9.4 Não usar, todas as letras das palavras, em caixa alta, sem necessidade.
- 9.5 Evitar a aplicação excessiva de áudio, e vídeo.
- 9.6 Usar as cores de acordo com a psicologia das cores, ou conforme o efeito que se espera causar com elas. Exemplificando: verde para sim (positivo), vermelho (negativo) para não, amarelo para atenção.
- 9.7 Evitar contrastes desconfortáveis, entre texto e fundo.
- 9.8 Usar contraste alto (preto x branco, por exemplo) para texto x fundo.
- 9.9 Manter a consistência semântica, no uso das cores.
- 9.10 Usar apenas dois níveis de intensidade em uma mesma tela.
- 9.11 Usar marcadores, como: itálico, e negrito, esporadicamente.

9.12 Não usar mais de três tipos de fontes por tela.

## 10 Aspectos dos displays

- 10.1 As telas devem ser pouco diferenciadas, de acordo com sua função.
- 10.2 Organizar a complexidade das telas
- 10.3 Eliminar informações desnecessárias
- 10.4 Usar sintaxe não ambígua, e concisa, para mensagens de instrução.
- 10.5 Aplicar ícones de fácil reconhecimento.
- 10.6 Planejar um layout balanceado, com informações distribuídas.
- 10.7 Usar espaço “branco” (ou representando o vazio), pelo menos, em 50% das telas com texto.
- 10.8 Agrupar as informações logicamente.
- 10.9 Estruturar as informações, ao invés de usar formato narrativo. O formato estruturado é 40% mais eficiente, para captação da informação.

## 11 Diferenças individuais

- 11.1 Acomodar usuários de diversos níveis de experiência. Desde novatos a usuários experientes.
- 11.2 Acomodar as preferências de cada usuário, customizando layout de tela, aparência, e ícones.
- 11.3 Permitir formas alternativas para comandos.

## **CAPÍTULO 4**

### **DESIGN CENTRADO NO USUÁRIO**

Conforme estudamos até este ponto, alcançar padrões de interatividade requer a observação de diretrizes, e critérios de usabilidade, mas os bons resultados, também dependem da forma como os projetos são encaminhados. Essa noção é confirmada por Guerrero e Lula Jr., (2001). Os autores consideram que o processo de concepção deve levar em conta a compreensão do usuário, a respeito de sua tarefa, e os meios necessários para sua realização. Sendo assim, neste capítulo falamos da perspectiva de design centrado no usuário, onde os sistemas são projetados para suprir os requisitos, características e ambiente do usuário final. Ou seja, observa-se o usuário para atendê-lo no desempenho de uma tarefa.

Além do método, estudamos também uma lista de parâmetros gráficos para construção de interfaces focadas no uso, e também, um guia para construção de displays de automação, elaborado por uma empresa do ramo. O foco do projeto de interfaces de sistemas digitais deve ser a tarefa, desempenhada. Para tanto, mecanismos de percepção, e modelo mental do usuário, devem ser observados, de forma que ele receba os suportes necessários. De acordo com Norman, D., (1983, em GUERRERO, C., 2002): “o foco do projeto de interfaces deve ser a tarefa que o usuário irá desempenhar com auxílio do sistema e o projeto da interface deve ser então centrado no usuário e nos seus objetivos” . A Norma ISO 13407 - Design Centrado no Usuário contém um método para desenvolvimento de sistemas multimídia. Ele descreve o processo de concepção em um ciclo iterativo, com 5 etapas (ilustração 16), onde o produto é submetido a análises, e aprimorado, até que os requisitos do cliente sejam alcançados.

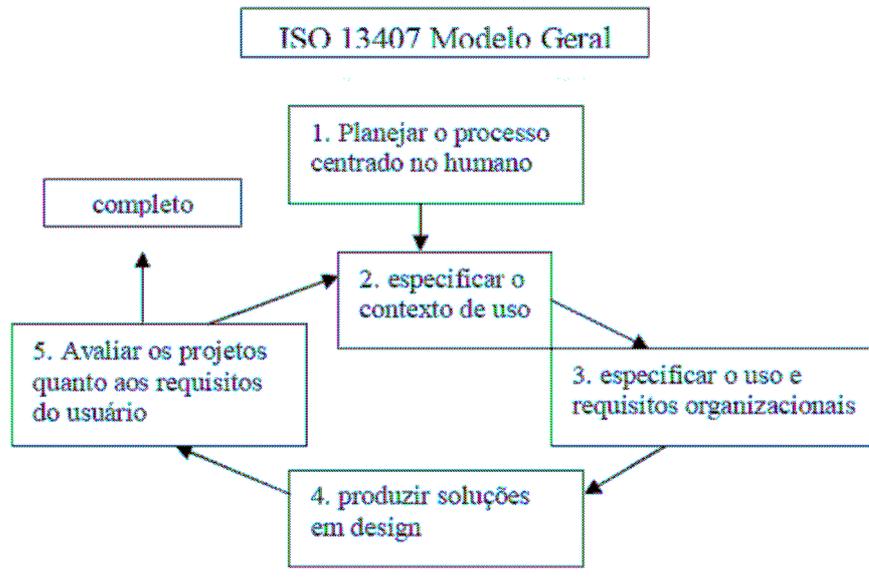


Ilustração 16 – Ciclo de desenvolvimento. Norma ISO 13407 (tradução nossa).

O processo possui cinco características principais, quais sejam: alocação apropriada de funções entre usuário e sistema, iteração de soluções de design, envolvimento ativo de usuários, e equipes multidisciplinares de projeto. Metodologias, baseadas na tarefa do usuário, possibilitam a construção de protótipos, levando em conta os objetivos do usuário, seu perfil, e princípios ergonômicos (GUERRERO, C., 2002). A aplicação dessas metodologias resulta em interfaces consideradas: “ extensão do cérebro humano” (NANARD, J., 1990, em GUERRERO, C., 2002). Apesar dos benefícios comprovados, esses métodos dificultam o andamento dos projetos. Guerrero, C., (2002), relata em suas pesquisas, as dificuldades, encontradas pelos desenvolvedores, em aplicá-los:

- Falta de experiência e conhecimentos em ergonomia.
- Dificuldade em escolher regras ergonômicas aplicáveis a cada etapa do processo (o autor explica que as regras ergonômicas não fazem referência direta, ou não são formuladas de forma identificável aos problemas enfrentados no cotidiano de desenvolvimento).
- Dificuldade em relacionar o modelo da tarefa em um modelo conceitual de interação.
- Dificuldade em aplicar a metodologia sem as ferramentas.

- Dificuldade em modificar o código da interface.

#### 4.1 Princípios de design gráfico

Esse assunto complementa a pesquisa sobre design de displays, com teorias sobre layout, ou organização de informações em tela.

Para Lewis e Rieman, (1993), design de interfaces gráficas inclui a busca pela melhor forma para distribuir informação em tela. Diz que para isso, é necessário aplicar padrões visuais conhecidos, e racionalizar os princípios a serem aplicados. Os autores apresentam 5 princípios para a distribuição funcional de informação, úteis ao design de sistemas de trabalho:

1. Agrupamento funcional (*clustering principle*) - Organização de comandos de forma que as informações sejam agrupadas, conforme a similaridade das funções. Esse princípio, deve agilizar o reconhecimento de comandos, e permitir que o usuário forme um modelo conceitual, sobre o comportamento do sistema.
  - a. Comandos similares devem estar no mesmo menu.
  - b. Caso haja um grande número de comandos, para uma mesma tarefa, eles devem ser organizados em uma janela de diálogo.
2. Visibilidade como princípio para indicação de utilidade – Comandos mais acessados devem estar mais visíveis. Em barras de tarefa, por exemplo.
3. Princípio da consistência inteligente – Telas de função semelhante devem ter aparência semelhante. O mesmo se aplica aos elementos da interface, como janelas, gráficos, e outros. Deve-se usar identificação visual, para os elementos com funcionalidades semelhantes.

4. Uso de cor como informação complementar – A cor deve ser aplicada informação redundante, aos elementos da interface, para indicar função. Cegueira visual, e Daltonismo, são distúrbios visuais comuns, à população, e devem ser considerados.
5. Menos elementos – Apresentar, apenas, o necessário, conforme cada situação. Não usar fontes e tamanhos de letras diferentes sem necessidade, por exemplo.

## 4.2 Guia para confecção de displays de automação

Com base em Lewis e Rieman, buscamos fontes bibliográficas, sobre padrões gráficos para confecção de displays. Encontramos apenas um guia, elaborado por uma empresa desenvolvedora de soluções para sistemas de automação.

### *Padrões*

O material mostra dois displays, um exemplifica o bom design (ilustração 17), O outro (ilustração 18), mostra o que não deve ser feito.

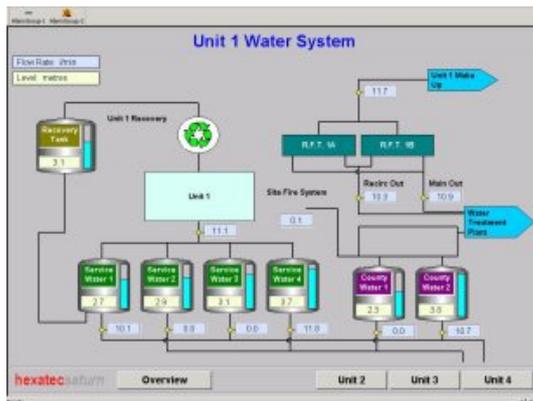


Ilustração 17 - Bom HMI

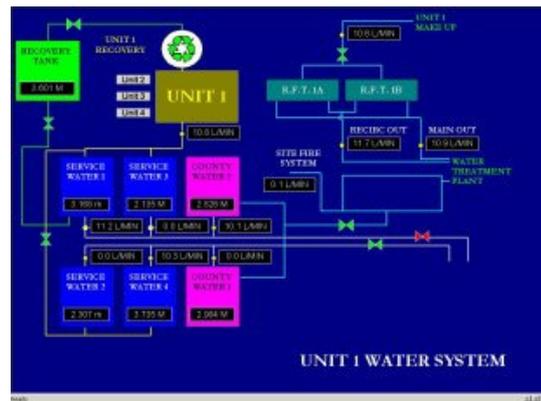


Ilustração 18 - Layout de HMI impróprio

Na boa interface (ilustração 16), vemos um diagrama centralizado, sobre fundo claro. As cores são usadas para reforçar informações. A escolha de cores neutras para fundo de página facilita o equilíbrio cromático, já que ela aceita melhor,

as outras cores, e reduz a fadiga visual. A tela contém botões padronizados, em metáforas já conhecidas. Os botões são posicionados juntos, na parte inferior da tela.

A experiência em ergonomia indica que esse posicionamento para botões, nem sempre é melhor para o usuário, no entanto, costuma ser aplicado quando o desenvolvedor segue o padrão dos sistemas CAD (janela de diálogo principal, na parte inferior do monitor). Caso esses botões sejam os elementos mais visitados na tela (onde o usuário permanece concentrado mais tempo), ele será levado a manter a cabeça baixa por muito tempo, o que resulta em dores na área da nuca.

Já no outro caso, onde a interface é classificada ruim, vemos um fundo azul escuro, sobre ele, um diagrama descentralizado (está à esquerda, na parte superior do display), e o título da página, que se encontra à direita, baixo, na tela.

### *Diagramação*

A diagramação da tela deve acompanhar a dinâmica de leitura, no nosso caso, ocidental. Ela segue da direita para a esquerda, de cima para baixo. No entanto, em monitores de vídeo, a visão caminha da forma mostrada na ilustração 18.

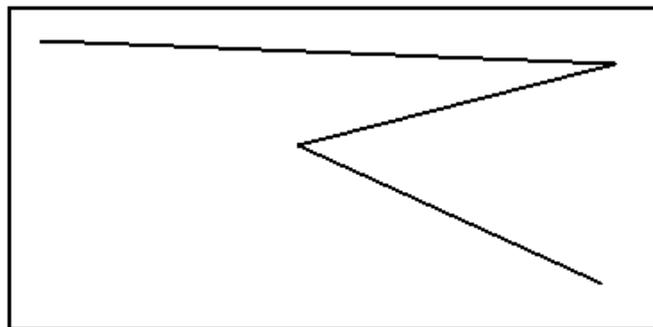


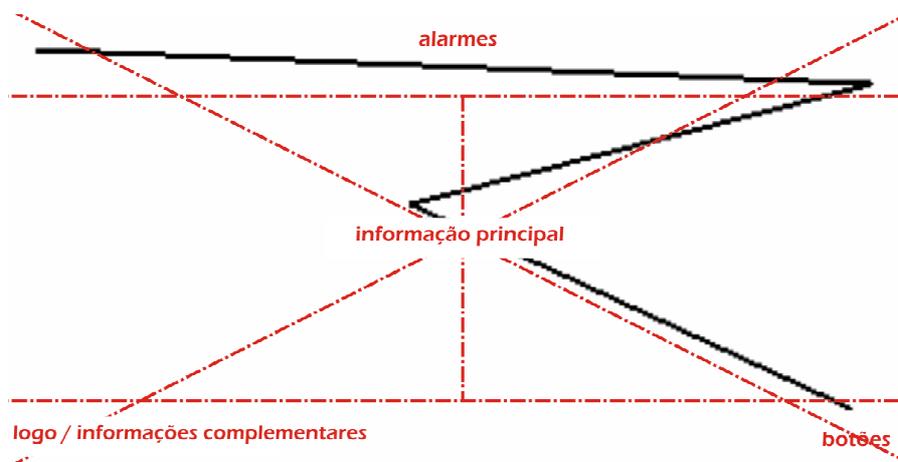
Ilustração 19 – trajetória de leitura realizada pelo olho humano em uma tela de computador.

O guia se baseia nesse movimento, e propõe que:

- i. Alarmes devam ser posicionados no topo da página
- ii. Informações fundamentais, no centro.
- iii. Botões e controles, a baixo, a direita.

- iv. Gráficos com informação complementar, e logo da empresa – em baixo à esquerda da página.

Na ilustração 19, podemos visualizar essas recomendações. Devemos considerar que durante o projeto de algumas interfaces, certos aspectos propostos, podem não ser as melhores soluções. Por vezes, é necessário aplicar o critério de economia de espaço, então, o logotipo da empresa, por exemplo, pode ser colocado a cima/direita da tela, ao lado do título.



**Ilustração 20 – Diagramação recomendada**

### *Cores*

Devem ser usadas para destaque de informações, nesse caso, contrastes entre cores secundárias são mais eficientes que entre cores primárias.

O projeto da tela deve considerar que 1, a cada 12 homens, possui algum grau de deficiência na percepção de cores. O que pode representar confusão, na percepção de vermelhos, verdes, laranjas, amarela, e marrom. Ou seja, o projeto da tela não deve se basear apenas em cores.

Tons, não vibrantes, são melhores para o fundo de página (*background*), cinzas, marrons, e azuis, fazem bom contraste com as cores brilhantes (amarelo, magenta, ciano), usadas em informações dinâmicas. O emprego de cores diferentes em “*backgrounds*” serve para diferenciar telas de acordo com a função, como por

exemplo, cinza claro, para a planta principal; cinza mais escuro para mímicos de sistemas. O uso de mudanças de tom pode ser usado com sucesso para diferenciar áreas do display.

### *Imagens estáticas*

Displays com diagramas, ou representações da planta, devem ser simples, para facilitar a leitura de informação fundamental.

A cor de fundo deve ser matte, como cinzas, marrons e azuis. Não se devem utilizar fotografias da planta, exceto com objetivos pré-determinados, nem fundos muito detalhados.

### *Dados em texto e números*

Muitos usuários costumam reclamar da dificuldade em ler os textos. Devem ser usadas, fontes comuns a todos os computadores, do tipo: Arial, Helvética, ou System, em tamanhos: 16 a 18 para rótulos, e títulos. Não se devem usar fontes diferentes, nem mais de três tamanhos, ao mesmo tempo. Maiúsculas em excesso dificultam a leitura, e podem causar fadiga visual, usar a primeira letra da palavra em maiúsculo e o restante minúsculo.

### *Valores de dados em texto*

- Textos e valores especiais de dados devem ser agrupados em uma área da tela.
- Dados para comparação devem ser apresentados em uma tabela.
- Apresentar tabelas, com as mesmas variáveis, sempre na mesma ordem.
- Não repetir variáveis em todos os valores de mesma unidade.
- Evitar campos decimais desnecessários.
- Mudanças súbitas no tom do background podem ser eficientes, caso se adote o recurso é necessário ser consistente.

### *Alarmes e animações de estados da planta*

Informações dinâmicas é o aspecto chave, no design de IHM. As cores devem ser complementadas com o uso de símbolos gráficos, ou sonoros, e seguir as convenções de segurança, que determinam:

- Vermelho, para pré proibição, perigo.
- Amarelo, para atenção risco de perigo.
- Verde, para condição segura
- Azul, para ação imediata

### *Animações de estado*

A convenção de segurança, aplicada aos alarmes, devem ser seguidas, também, nesse caso.

### *Navegação e controle*

A navegação entre telas deve ser facilitada, com o uso de botões.

## CAPÍTULO 5

### PERCEPÇÃO VISUAL

Em Design e Ergonomia, o projeto de sistemas para uso humano está fundamentado na forma como ele percebe do mundo. Neste capítulo, apresentamos as teorias da Gestalt, grupo de pesquisadores alemães formado em 1870, para estudar fenômenos perceptuais humanos. A esses estudos, chamamos: Psicologia da Gestalt, ou, boa forma.

A percepção visual é influenciada pelas cores, no ambiente. Para complementar esses estudos, apresentamos outro, sobre cores, baseado na obra de Israel Pedrosa: Da Cor a Cor Inexistente, referência importante aos estudiosos do assunto.

#### 5.1 Pré-atenção, atenção visual e Gestalt

A análise da informação visual pode ser feita em dois estágios pré-atenção e atenção visual. O primeiro estágio, pré-atenção, é um processo rápido que não depende de decisão voluntária. Esse processamento é chamado de “primeira percepção global”, é uma etapa preliminar à atenção visual; O processamento é global, olha-se o todo e não para os detalhes; Orienta o foco da atenção visual, esta, focada nos detalhes. Portanto, a pré-atenção pode determinar pelo menos parcialmente a percepção subsequente. A partir dessa propriedade, é formulado o seguinte princípio do design: “chamar a atenção e depois prender a atenção” (BAXTER, M., 1998, p.31).

O segundo estágio da percepção implica na intenção de prestar atenção visual, muitas vezes, direcionada previamente com o objetivo de compreender, conforme já foi explicado neste parágrafo. Esse mecanismo é demonstrado ao lado na ilustração 15. Olhando-se a figura, em um primeiro momento, percebe-se algo diferente (área de interesse) a cima, à direita da imagem. Isso acontece na fase de pré-atenção, ou, primeira percepção global. Caso não se tenha percebido a letra “A” em baixo, à

esquerda, é porque a percepção global deslocou a atenção para a parte superior da imagem e descartou o restante.

(Fonte: BAXTER, M., 1998 p.26)



Ilustração 21 – Nota-se algo diferente na parte superior direita da figura.

### 5.1.1 Hipótese visual

Informações ambíguas, ou incompletas, levam a mente humana a construir hipóteses visuais, e projetar sobre a figura algum padrão já conhecido. O mesmo acontece com as figuras incompletas, ou excessivamente complexas. Essa teoria é exemplificada nas ilustrações 16 e 17.

Fonte: Baxter, M., 1998, p. 28



Ilustração 22 – Imagem de um cachorro, Dálmata, em meio às manchas.

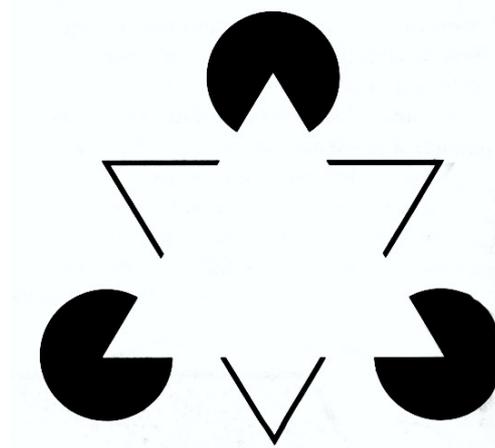


Ilustração 23 – O triângulo inexistente

Na ilustração 16, olhamos um conjunto de manchas. Muitas pessoas enxergam a imagem de um cachorro Dálmata em meio a elas (“com a cabeça abaixada, cheira o

chão e olha para a parte superior esquerda da figura"). Identificado o padrão, o cachorro passa a ser a imagem forte da figura. Segundo Baxter, M., (1998, p. 28), o fenômeno acontece da seguinte forma:

*[... “Olhamos uma imagem e sem pensar extraímos suas principais características...]. [... a mente trabalha na sua identificação com algum padrão conhecido. Segue-se uma visão mais focalizada, guiada por essa visão inicial, para se examinar os detalhes “...]*

O mesmo autor explica que o triângulo inexistente na ilustração 17, pode ser visto por que:

*“A nossa mente constrói o triângulo a partir de partes perdidas das outras figuras já conhecidas. [...] [o triângulo parece se destacar com um tom mais branco que o fundo da página...]”*

### 5.1.2 Regras da Gestalt visual

A percepção visual, exemplificada na seção anterior, segue certas regras formuladas pela Gestalt. Os fenômenos da percepção visual, e suas regras, são explicados a seguir:

#### *Percepção figura e fundo*

A separação de imagens em figura, e fundo, é uma característica da percepção humana, que consiste na capacidade de seccionar uma parte da figura por percebê-la mais importante. A parte principal é denominada: figura, e o restante da imagem: fundo ou paisagem. Ambos são percebidos simultaneamente. Como se pode observar nas ilustrações 18, 19, e 20.



Ilustração 24 - Figura e Fundo-a.

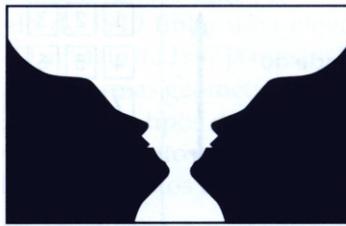


Ilustração 25 -Figura e fundo-b.



Ilustração 26 - Figura e fundo c.

Olhando diretamente para a área no centro de cada imagem (a cima), vemos rostos em perfil, mantendo o olhar na área superior de cada uma delas, enxergamos taças brancas no centro das figuras.

A percepção da ambigüidade figura-fundo baseia-se em quatro regras da *Gestalt*, a saber: Simetria, tamanho relativo, contorno e orientação. Quanto mais simétrica, relativamente pequena, contornada e orientada (no sentido vertical ou horizontal), for uma determinada figura, mais fácil identificá-la como elemento principal.

#### *Percepção de padrões regulares*

Segundo os “*gestaltistas*”, o cérebro humano é habilidoso no reconhecimento de padrões regulares. Habilidade baseada nas três regras a seguir:

1. Proximidade: Objetos ou figuras que se situam próximos entre si, tendem a ser percebidos como um conjunto único. Na ilustração 21, percebemos dois grupos de pontos: No primeiro, a distância entre os pontos é menor no sentido horizontal. Então, a imagem parece horizontal. No segundo grupo, os pontos são mais distantes na vertical, e a imagem parece estar orientada nesse sentido.

Fonte: Baxter, M., 1998. P.31

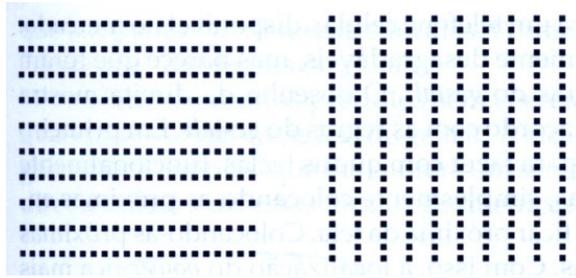


Ilustração 27 – Agrupamento de pontos, por proximidade.

2. Similaridade: Objetos e figuras que tenham formas (construção geométrica) ou aspectos (cor, tamanho, textura, etc.) semelhantes entre si tendem a ser vistos como um padrão. Na ilustração 22, percebemos a imagem como um grupo de colunas, devido à similaridade das formas, repetidas no sentido vertical.

Fonte: Baxter, M., 1998., P.31

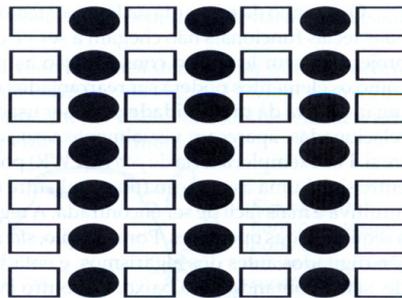


Ilustração 28 - Agrupamento por similaridade de formas.

3. Continuidade: A percepção tende a dar continuidade à trajetória ou prolongamento. Podemos interpretar a imagem, na ilustração 23, como duas linhas curvas, cruzadas, quando ela também poderia ser vista como duas letras “v” invertidas. A primeira interpretação costuma ser mais comum. Isso acontece porque linhas representam trajetórias, noção que remete à continuidade; Assim, a interseção não representa interrupção, à primeira vista.

Fonte: Baxter, M., 1998., P.32

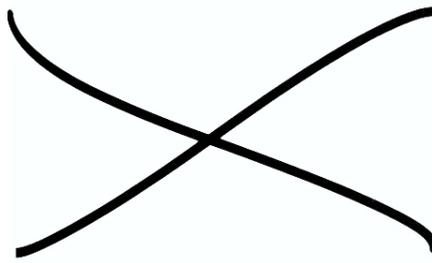


Ilustração 29 - Continuidade

4. Simetria: O ser humano tem grande facilidade para perceber a simetria em formas complexas, em formas naturais com simetria incompleta e em objetos com simetria distorcida. Essa regra pode aumentar a facilidade na percepção de formas geométricas simples. Já que formas geométricas simples normalmente são simétricas.

## 5.2 Estudo das cores; Teoria e aplicação aos displays de automação.

Um dos primeiros problemas identificados nos displays de automação foi a coordenação das cores. Esse é um aspecto fundamental no projeto, porque influencia na percepção das informações, e pode acentuar a fadiga visual dos usuários, devido a contrastes excessivos, visualização de informações, e cansaço visual.

### *Classificação*

Segundo Pedrosa I., (1975), as cores são classificadas em primárias, secundárias, e terciárias. Manifestam-se de forma diferente, caso sejam pigmentos (tintas), ou luz (como acontece nos monitores de vídeo).

São classificadas em primárias, e secundárias. As cores primárias surgem naturalmente, sem mistura. Nos pigmentos, elas são: vermelho, azul e amarelo. Em luz, são: ciano, magenta e amarelo. Cores secundárias resultam da mistura entre duas cores primárias. Nas tintas, elas são: laranja (amarelo + vermelho), Verde (azul+amarelo), Violeta (vermelho+azul). Nos terminais de vídeo: Vermelho

(magenta + amarelo); Verde (ciano + amarelo); Lilás (ciano+magenta). As terciárias são obtidas da mistura de uma cor primária e algumas secundárias.

Possuem ainda, três aspectos característicos: matiz, brilho, e contraste. O matiz determina sua denominação, característica mais fundamental (ex.: vermelho, azul, verde). Brilho se refere à quantidade de luz (ex.: mais claro - mais branco; mais escuro - mais preto). E por fim, contraste, que corresponde à saturação, ou intensidade do matiz.

### *Correspondência*

As cores reagem, umas às outras, conforme a correspondência entre os grupos: complementares, análogas, e neutras

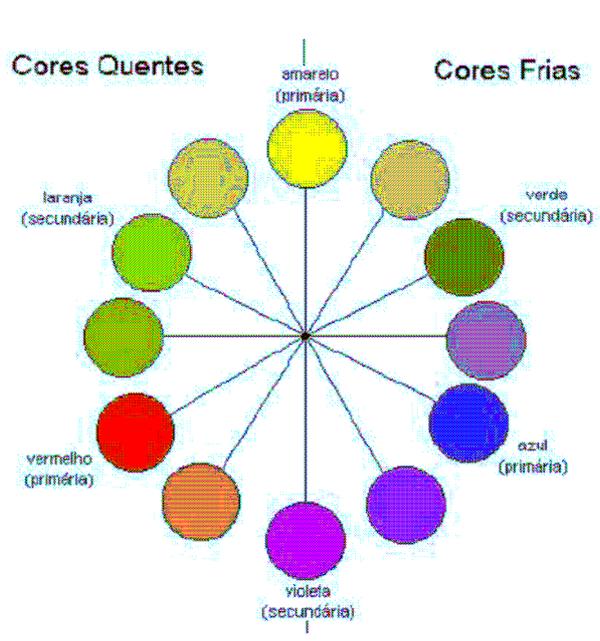


Ilustração 30 – Disco cromático

As cores primárias são complementadas pela cor secundária, oposta a ela, no gráfico (ilustração 30). Ex.: verde-vermelho; laranja-azul etc., são usadas para diferenciar elementos próximos por contraste.

Análogas, são as cores vizinhas no gráfico, já que possuem a mesma cor básica na composição. Ex: laranja-laranja avermelhado. Quando juntas, dão a sensação de uniformidade.

Neutras, complementam, e neutralizam outras cores, devido a sua baixa refletividade. São elas, cinza, marrom, amarelo / verde acinzentado, etc.

### *Efeitos psicológicos*

Provocam efeitos psicológicos (impressão) de temperatura, e de estado (condição). Na cultura ocidental, as cores “quentes” são psicologicamente dinâmicas, e estimulantes; as “frias” provocam impressões calmantes, suaves, e estáticas. A percepção de estados se relaciona à de temperatura. De forma que, azul está convencionado à ação imediata, verde à normalidade, vermelho ao perigo, e o amarelo à atenção, ou cuidado.

### *Efeito visual*

O efeito provocado por uma determinada cor depende do ambiente em que está inserida. Acontece, apenas, quando essa dada cor é comparada a, pelo menos, mais outra.

### *Contrastes*

Os contrastes entre cores podem ser classificados em simultâneo, sucessivo, de temperatura e de valores. Os tipos relevantes ao presente trabalho podem ser vistos na ilustração 14, correspondem aos dois últimos citados, descrito a seguir:

- Contraste de temperatura de cor - Contraste entre um tom quente e um frio: o quente se torna mais quente e o frio mais frio. Duas cores quentes sobrepostas tornam-se menos quentes mutuamente.
- Contraste de Valores - Quando uma cor clara sobre fundo escuro parece mais clara, e uma cor escura sobre fundo claro parece ainda mais escura. E ainda, uma figura de cor clara sobre fundo escuro parece maior do que uma de cor escura sobre fundo claro. Apesar de possuírem mesmas dimensões.

## *Padrões cromáticos*

Padrões cromáticos são códigos que indicam a composição das cores. Comentaremos a respeito de 3 deles, mais usados no manuseio de cores por computador: RGB, CMYK, e o código para *web*.

RGB são as iniciais das cores: vermelho, verde, e azul (**R**ed, **G**reen, **B**lue). É o padrão para vídeo, refere-se à cor enquanto luz (comprimentos de onda), a intensidade de cada cor varia de 0 a 255. Importante nos projetos de interfaces gráficas.

CMYK são as iniciais, *Cyan*, *Magenta*, *Yellow* (cian, magenta, amarelo), e a última letra de *Black* (preto). O código é aplicado às tintas, caracteriza a porcentagem de cada pigmento a ser utilizado na impressão de gráficos.

As cores para *WEB* contêm 6 caracteres alfanuméricos, antecidos pelo símbolo:#. O código é usado em linguagens de programação para *web*.

O aspecto visualmente carregado, de muitas interfaces gráficas, declarado por usuários e desenvolvedores, acontece primeiramente pelo grande volume de elementos gráficos representados, somados à mistura de diversos matizes, intensidades e contrastes.

Cores são usadas de forma redundante ao contorno, e à palavra escrita, para reforçar a idéia que representa. Porém, se usadas em excesso, em um ambiente já cheio de outras influências perceptivas (agrupamento), podem ao invés de ressaltar a figura, criar um grande conjunto (o princípio de figura e fundo da Gestalt), prejudicando o reconhecimento dos objetos ali representados. O mesmo acontece com o excesso de elementos gráficos. Os Brilhos excessivos ofuscam a visão, e prejudicam a definição dos contornos (consequentemente, a formação da figura). Pouco contraste também compromete os contornos, as cores se aproximam, ficando mais difícil identificar a imagem. Por outro lado, contrastes fortes definem as

imagens. Mas devemos observar que eles também podem sobrecarregar a imagem, e causar os mesmos problemas comentados anteriormente.

Nos displays de automação, existem diversos tipos de informação representados (equipamentos, estados, navegação, ação, etc.), algumas delas atendem a padrões de normas da engenharia, logo são imutáveis. Porém, as cores da interface (fundo de tela, fundo de mostrador, cor do botão, etc.) podem ser analisadas, para estabelecer quais delas podem ser retiradas da tela (o que nesse caso, significa ter a mesma cor do fundo da tela), ou de que se deve fazer para equilibrá-las com o todo. Tais questões, ser esclarecidas apenas com estudos exploratórios (capítulo 7).

O próximo capítulo precede o estudo exploratório, descrevendo os encaminhamentos metodológicos que o guiaram.

## **CAPÍTULO 6**

### **METODOLOGIA**

Este trabalho trata do aprimoramento das ferramentas chamadas: Interfaces gráficas, usadas na operação plantas automatizadas. Investigamos melhorias à ferramenta, para alcançar um objetivo maior, comum à Ergonomia: A transformação positiva de situações de trabalho. Segundo Vidal, M. C. R. (2003, p.31), o que garante status positivo, dessas transformações, é a metodologia AET – Análise ergonômica do Trabalho, cujo itinerário metódico compreende etapas, conhecimentos, e ferramentas, para análises complementares. Essa estrutura pode contar, oportunamente, com diversos outros métodos, conhecimentos, e técnicas, necessários à compreensão das situações, conforme suas peculiaridades. Nesta pesquisa buscamos campos teóricos relativos ao que estudamos focalmente, como o HCI (capítulo 2), Usabilidade (capítulo 3), Design Centrado no usuário (capítulo 4), entre outros. Sendo assim apresentamos a Metodologia AET, para em seguida comentar os encaminhamentos metodológicos desta pesquisa.

#### **6.1 A metodologia AET**

Análise Ergonômica do Trabalho (AET) é o método de origem francesa que estrutura a ação ergonômica. Seu itinerário metódico compreende 4 etapas principais, quais sejam: premissas, fluxo principal de procedimentos, documentação e registro, e por fim, caderno de encargos (VIDAL, M.C.R., 2003, p. 32).

Premissas são problemas identificados em determinada empresa, por seus representantes gerenciais. Motivam a realização da AET, que tem início quando representantes da empresa (no nível gerencial) entram em contato com ergonômistas, e os reportam problemas de origens organizacionais, produtivas, ou relativas à saúde e segurança, normalmente em áreas, nas quais, os relatores não estão diretamente envolvidos. Por esse motivo, a demanda gerencial se mostra nebulosa, seu esclarecimento requer investigação junto aos envolvidos diretos, ou agentes. Á rede

de contatos, tecida pela equipe de intervenção com as pessoas na empresa, chamamos construção social, ela se constrói durante toda a AET.

As etapas seguintes, à demanda gerencial, constituem o fluxo principal de procedimentos, eles compreendem: o início dos contatos com os trabalhadores, instrução da demanda, focalização, e análise focada.

A construção social é fundamental para o início da instrução da demanda, etapa de estudos mais aprofundados, subdividida em: estudos exploratórios e reconstrução da demanda. Durante os estudos exploratórios, realizam-se entrevistas com os envolvidos na questão, observações *in loco*, e pesquisas em documentos da empresa. Ao fim, resulta uma noção mais esclarecida, a respeito da situação real, e do trabalho que deve ser feito. A isso chamamos reconstrução da demanda.

Dentre as questões formuladas na instrução da demanda, devem-se escolher os processos-chave, mais propícios à análise, e depois disso determinar de que forma ela será realizada. As investigações avançam até que se tenha uma lista de suspeitas sobre as causas da situação, e os motivos que a mantém assim. O resultado da focalização é o pré-diagnóstico, ou explicação preliminar para a situação. Para comprovar o pré-diagnóstico, a AET propõe uma ferramenta chamada: modelo operante, que consiste em um esquema do funcionamento da situação, apoiado por imagens, gráficos, tabelas, e demais técnicas de representação imagética.

Na última etapa do fluxo principal, validação e restituição, a equipe de ergonomia deve submeter os resultados da análise: pré-diagnóstico, e modelo operante, aos participantes. Esse confronto deve resultar em ajustes, e correções (restituição), ao modelo operante. A validação resulta no diagnóstico ergonômico. Documentação e registro consistem na reunião das informações documentadas, geradas durante a AET. O resultado final da AET é o caderno de encargos, com especificações ergonômicas para a situação investigada.

Segundo Vidal, M.C.R. (2003, p.27), as diferenças entre trabalhos em Ergonomia, são conseqüências da demanda gerencial, elas estão relacionadas ao

problema de produção manifestado por gerentes de empresas, e não pelos ergonomistas.

## 6.2 Estudo exploratório baseado na AET

Partindo de uma demanda gerencial, a AET não pôde ser aplicada neste trabalho, já que ele consiste numa pesquisa científica, e por tanto, não atende a tal pré-requisito. Mesmo não sendo seguida a cada passo, a metodologia serviu como referencial para a estruturação desta pesquisa, onde partimos de um problema observado, que investigamos a partir de sua situação real (estudo exploratório), e de conhecimentos contidos em outros trabalhos científicos. Conforme o esquema na ilustração 30, o embasamento teórico aconteceu paralelamente ao estudo exploratório (preparação, e trabalho de campo), e se estendeu até a redação da dissertação, após o campo, quando foi necessário confrontar algumas de nossas observações às de outros pesquisadores.

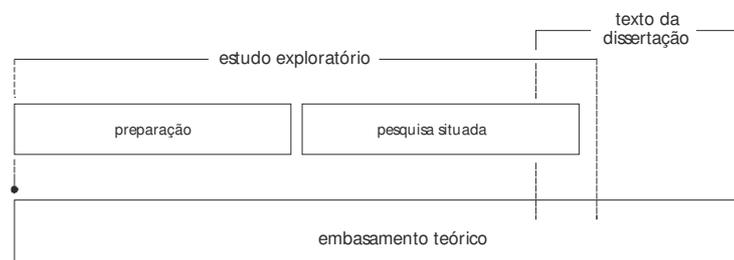


Ilustração 31- Estrutura da pesquisa

Abaixo descrevemos o percurso da pesquisa, ele será contado mais detalhadamente no próximo capítulo. Por ora, enumeramos as fases, suas etapas, e a evolução da questão através delas.

### 1 Preparação

- 1.1 Relato inicial / Conversas sobre o tema com o articulador (problemas relatados: poluição visual, problemas de navegação, pouca visibilidade, busca por informações)
- 1.2 Busca de referências teóricas (início)

- 1.3 Primeiro contato visual com os displays (problemas observados: muitas cores contrastantes, muitas informações, itens - aparentemente - mal distribuídos)
- 1.4 Visita ao fornecedor de equipamentos automatizados (questões confirmadas: poluição visual, contrastes fracos e fortes demais, usuários habituados relatando dificuldades iniciais, desconhecimento sobre ergonomia aplicada a displays – manifestado pela maioria dos participantes)
- 1.5 Visita ao CEPEL (preocupação maior com o desempenho da parte digital, demanda por estudos na parte gráfica, esclarecimentos sobre o funcionamento de sistemas de controle, demandas e costumes dos clientes)
- 1.6 Início das articulações para o trabalho de campo (troca de e-mails, busca de contatos dentro da empresa)
- 1.7 Levantamento de informações sobre a usina
- 1.8 Documentação para formalização da pesquisa de campo

Durante a fase de preparação entramos em contato com a questão da não ergonomia dos displays, ela nos foi relatada por um engenheiro da usina hidrelétrica, não usuário dos displays, que se tornou o principal articulador da pesquisa. Recebemos da mesma pessoa, um conjunto das tais telas impressas em A4 colorido. Embora pudéssemos identificar alguns problemas no layout, ainda não era possível saber se essas observáveis, de fato, eram problema para os usuários, ou caso fossem, de que forma, nem se havia outras.

A atividade seguinte consistiu em uma visita ao fornecedor das novas unidades geradoras da usina, controladas por um sistema SDSC (projeto de aquisição no qual o articulador participava), onde tivemos contato com os displays reais (em uso), desenvolvedores, usuários, observadores da questão, e fornecedor. Depois desses contatos pudemos confirmar a existência de uma demanda, mas ainda não conseguíamos defini-la.

Também fomos ao CEPEL, conhecer o sistema SCADA-EMS desenvolvido no centro de pesquisas (similar ao da usina). Obtivemos informações sobre os hábitos do setor (telas – comumente - desenvolvidas pela engenharia, sem a participação do

usuário no processo, valorização do desempenho técnico). Foi possível definir melhor a divisão de responsabilidades entre desenvolvedores internos, e fornecedores (na questão das interfaces), assim como, confirmamos a demanda por estudos sobre o design gráfico dos displays, e técnicas de representação de informação em engenharia.

A essa altura, se tornou necessário conhecer o cotidiano de uso, e saber como os displays eram desenvolvidos, para que as mudanças indicadas pela análise do uso pudessem ser implementadas, ou ainda, para determinar estratégias para que as mudanças fossem feitas (o que seria possível fazer; de que forma seria possível; quais os problemas enfrentados no desenvolvimento; por que do estado atual, etc.). Assim, mais uma vez auxiliados pelo articulador, fizemos contatos, trocamos informações, e cumprimos a burocracia necessária para realizar a pesquisa situada.

## 2 Pesquisa situada (trabalho de campo na usina hidrelétrica)

- 2.1 Primeira reunião (definição do setor de base da pesquisa)
- 2.2 Visitas técnicas (apresentação dos processos, interação dos setores, produtos internos, operações chave. Primeiras conversas com desenvolvedores, e usuários)
- 2.3 Articulações (pessoas envolvidas no processo de desenvolvimento, usuários, gerentes, observadores)
- 2.4 Desenvolvimento de protótipos

Oficializamos a pesquisa através de um contrato de estágio, com período de um mês (sugerido pelo articulador). Teve como marco inicial a primeira reunião, onde ficou decidido pelo superintendente, e pelo chefe da operação, que ficaríamos no grupo de sistemas de suporte.

A programação definida pelo chefe do setor incluía uma palestra sobre o SCADA, e visitas técnicas aos setores principais. Entre essas atividades, procurávamos pessoas do grupo de acompanhamento, ou do grupo de foco para realizar as atividades da pesquisa. Elas foram basicamente: entrevistas, reuniões,

pequenos questionários, e apresentações de produtos, processos, e sistemas. Listamos, a seguir, os participantes da pesquisa. Conforme sua participação:

#### *Articulador*

Ampliou nossa rede de contatos, e proveu informações estratégicas.

Engenheiro Eletricista da Superintendência de Engenharia da Usina.  
Responsável pela articulação dos estudos exploratórios.

#### *Integrantes da rede de contatos com pessoas do setor*

Responsáveis pela indicação de observáveis, informações estratégicas, e referências bibliográficas.

- Observadores – Engenheiros da Superintendência de Engenharia da Usina.
- Gerente de projetos – Representante do fornecedor de unidades geradoras, e sistemas de automação.
- Pesquisador do CEPTEL – Representante do centro de pesquisas.

#### *Pessoas com poder de decisão na empresa*

Determinaram a viabilização da pesquisa. Através da indicação de pessoas, autorizações, e recusas a atividades relativas à pesquisa.

- Superintendente de operação (Engenheiro)
- Chefe do departamento da Operação da Usina (Engenheiro)
- Chefe do Grupo de Sistemas de Suporte (Engenheiro)

#### *Grupo de acompanhamento e foco*

Forneceram informações técnicas importantes, sobre produtos, e processos. Ao mesmo tempo, integra o grupo de foco, já que também, estudamos processos dos quais participam.

- Analista 1 (Analista de sistemas)
- Analista 2 (Analista de sistemas)
- Engenheiro de operação
- Despachante supervisor 1 (Engenheiro sênior)

### *Grupo de foco*

Usuários das telas. Grupo com quem tivemos menos contato, mas que ofereceu informações fundamentais, para a construção dos protótipos, e consequentemente, para este trabalho.

- Despachante supervisor 2 (Engenheiro)
- Despachante 3
- Operação 1 (Técnico)

Comumente a Ergonomia, e o Design, são aplicados a problemas percebidos por seus agentes, cujas soluções possíveis, não podem ser vislumbradas, de um ponto de vista tão próximo (o dos participantes).

Nesse caso, tanto as teorias do Design, quanto as de HCI, e Usabilidade, nos indicam ferramentas, para tornar visíveis (no sentido estrito) os problemas, e as soluções. Assim, decidimos construir protótipos, para testar os conhecimentos estudados, e traçar parâmetros de solução (dizemos: parâmetros, porque não chegamos a testá-los sistematicamente, nem houve validação junto aos usuários). Essa prática, seguida da submissão dos protótipos a participantes da pesquisa, encerram a pesquisa exploratória.

### 3 Embasamento teórico (buscas)

- 3.1 Trabalhos científicos
- 3.2 Materiais de referência
- 3.3 Práticas de mercado (padrões comuns) em desenvolvimento de interfaces

A AET conduz a pesquisa em ergonomia, e pode ser associada a outras metodologias específicas do tema tratado. Ela guia a estruturação da pesquisa em seu aspecto macro, na contextualização do problema a ser estudado, e na condução das pesquisas exploratórias. Também se associa a outras metodologias, e campos teóricos para compreensão da situação focada.

No nosso caso, buscamos na estrutura da disciplina HCI, a condução necessária na pesquisa das interfaces gráficas, enquanto ferramenta. Suas indicações nos levaram aos campos teóricos (principais) da Usabilidade, Gestalt, e Design Centrado no Usuário. Cada um desses abre seu leque de teorias, e ferramentas.

Em usabilidade encontramos a definição de qualidade interativa, para aplicá-la na pesquisa. Também usamos o método de avaliação e design, chamado Diretrizes ergonômicas para avaliar aspectos da interface, e construir os protótipos, posteriormente.

## **CAPÍTULO 7**

### **ESTUDO EXPLORATÓRIO I: A FASE DE PREPARAÇÃO**

Pesquisas em ergonomia devem ser conduzidas no local onde acontece a situação investigada, enquanto ela acontece. Segundo Santos, R. (2003), isso se deve às incongruências entre situação prescrita, e a forma como ela realmente acontece, diferenças também reportadas em Guerrero, C., (2003); e Lewis e Rieman (2003). Os estudos de campo também revelam hábitos dos usuários, e dinâmicas do seu cotidiano que não seriam conhecidas de outra forma, principalmente quando o pesquisador não faz parte desse cotidiano.

Nesse capítulo falamos da fase de preparação da pesquisa, onde começamos a expandir nossos contatos com as pessoas do setor elétrico, e formular uma questão para investigação.

#### **7.1 Preparação**

Como dissemos no capítulo 6, o interesse no tema de pesquisa surgiu de conversas com um engenheiro (articulador), funcionário da usina. Participante, à época, do processo de aquisição de duas novas unidades geradoras, controladas por um sistema SDSC.

As etapas de testes e ajustes reuniam grupos de engenheiros, e operadores, cada qual envolvido em suas atividades. Elas aconteciam ao mesmo tempo, no mesmo local. Dessa forma, ele, e outros colegas, observaram certos problemas com as interfaces gráficas do sistema.

Para os observadores (os chamamos assim, por não serem usuários), as telas eram carregadas. E, devido ao que observavam nos testes, temiam que os problemas nas interfaces viessem a causar erros de operação futuramente (principalmente em momentos de estresse). Disse também que os usuários requisitavam atributos aos desenvolvedores, e que comumente havia reclamações.

Repetimos a seguir, pontualmente, as observações do articulador. Elas são parte da formulação da questão da pesquisa:

- Telas carregadas
- Cheias de informações
- Usuário, aparentemente, perdido no sistema (navegação)
- Receio da ocorrência de erro humano, por causa das interfaces
- Muitos contrastes
- Pouca visibilidade
- Requisitos dos usuários
- Reclamações

Recebemos um conjunto de telas impressas em papel A4, colorido, como informação suplementar. Identificamos algumas observáveis, listadas a baixo:

- Muitas cores
- Alguns contrastes baixos, outros altos
- Imagens grandes no centro da tela, enquanto havia informação escrita nos cantos
- Símbolos inicialmente incompreensíveis (nos ícones)

O mesmo engenheiro articulou as três atividades principais, do estudo exploratório. Sendo elas: o trabalho de campo, e na fase de preparação: a visita ao fornecedor do SDSC, e a visita ao CEPEL; Importantes, porque partíamos de uma questão, até aquele momento sem formas, sem delineamento:

Profissionais experientes (não usuários) identificaram problemas no layout dessas interfaces. Também presenciaram os usuários em suas dificuldades com os displays (realizada durante as etapas de testes, e ajustes, quando os usuários ainda não estavam familiarizados com os dispositivos, e esses dispositivos, também estavam sendo testados). Seus apontamentos pareciam problemas relativos a design gráfico ergonômico. Mas, não sabíamos ainda se, de fato, o eram. Poderiam ser questões para

projeto de software, ou organizacionais. Era necessário saber se aqueles apontamentos configuravam problemas reais.

Essa questão motivou a visita ao fornecedor dos tais equipamentos, como contamos a seguir.

### 7.1.1 Visita ao fornecedor de equipamentos automatizados

Nossa ida ao fornecedor dos tais equipamentos rendeu impressões importantes sobre a situação global, ainda em formação. Pudemos ver, pela primeira vez, o uso do sistema, ouvir os observadores, conversar com desenvolvedores, e representantes do fornecedor. Quatro esferas de envolvidos (usuários, observadores, desenvolvedores e fornecedores), cada qual com sua perspectiva sobre o tema.

Fomos recebidos na empresa, pela gerente do projeto, pessoa responsável pela autorização da visita. Além de nos recepcionar, como de praxe, ela também procurava saber se a ida de uma ergonomista até a empresa, para conhecer aquele projeto, era uma determinação do cliente (nesse caso, a Usina). Esclarecemos que se tratava de curiosidade científica, independente. Suas perguntas abriram oportunidade para outras, dessa vez, minhas. Perguntei então sobre a perspectiva da empresa sobre Ergonomia, e se eles a aplicavam aos produtos. Ela respondeu que ergonomia, na empresa, se relacionava ao mobiliário. Que por sua vez, era encomendado pelo setor de compras sob essa especificação, a um bom fabricante, e assim se esperava que fossem ergonômicos. Quanto aos produtos, disse (com suas palavras, transcrevemos apenas a idéia) que a empresa atendia aos requisitos para desempenho técnico.

Durante uma breve conversa com os desenvolvedores, perguntamos sobre a participação do usuário no processo de desenvolvimento. Responderam que os usuários pediam alguns elementos, e eles (desenvolvedores) confeccionavam as telas.

Ainda naquele dia, conversamos com os usuários sobre os displays. Não se mostraram muito críticos quanto às interfaces gráficas, àquela altura, já estavam familiarizados. Contaram que vinham treinando, e trocando experiências, durante

toda a fase de testes, mas que no começo fora difícil. Mesmo assim, mostraram alguns gráficos de tendência com problemas de legibilidade, e certas combinações de cores desconfortáveis, por excesso, ou falta de contraste.

Aproveitamos para esclarecer algumas dúvidas (nossas) sobre o layout, apresentadas a seguir:

- Confirmamos, junto aos usuários, que alguns elementos eram apenas decorativos.
- A área mais consultada em determinadas telas, era posicionada de forma desfavorável a leitura (informação importante, nos cantos).
- Os símbolos nos ícones tinham pouco significado (muito diferentes do padrão comum), a maior parte dos outros símbolos eram bem conhecidos dos usuários.

Os observadores se mostravam mais críticos quanto ao aspecto das interfaces do SDSC, e também de alguns outros programas para atividades de engenharia (não contemplados nesta pesquisa). Muitos, disseram achar interessante aplicar ergonomia aos displays.

Essa apreciação delineou alguns contornos à questão inicial. Identificamos a existência de problemas nas interfaces gráficas relativos à usabilidade, sendo eles: processo de aprendizado longo, posicionamento desfavorável de informações, visibilidade de informações, e caracteres não familiares aos usuários. Além da muito comentada poluição visual.

Outra, de suas contribuições importantes, consiste no ponto de vista do fornecedor sobre a Ergonomia restrita ao mobiliário. O posicionamento da empresa é ilustrativo, corresponde ao da maioria das empresas do setor industrial, mas principalmente (já que o estudamos) ao setor elétrico. Assim como, o enfoque da qualidade do produto, no aprimoramento tecnológico.

### 7.1.2 Visita ao CEPEL

Agendamos uma reunião com um pesquisador do CEPEL, envolvido no desenvolvimento de um sistema de controle SCADA-EMS, similar ao da usina. Pretendíamos conhecer o produto, e conversar sobre o tema de pesquisa.

Primeiramente falamos do produto. Um sistema que vem sendo desenvolvido há 15 anos, de acordo com as novas tecnologias disponíveis, e as expectativas dos clientes. Essas expectativas se relacionam ao desempenho técnico dos sistemas, em velocidade de resposta, e confiabilidade na aquisição de dados. A parte gráfica é considerada um atributo estético de menor importância. Mais uma vez, questionamos sobre a participação do usuário no processo de desenvolvimento. O pesquisador nos respondeu que o costume, predominante, nas empresas clientes determinava que as interfaces fossem construídas sem a participação do usuário.

Ao SCADA-EMS, do centro de pesquisas, foi aplicado um estudo sobre usabilidade realizado pela Universidade PUC-Rio. Porém, nada relativo ao uso de displays na operação.

Considerou o tema de pesquisa interessante, e relacionou a poluição visual dos displays, às técnicas de representação de informação, tradicionais da engenharia. O pesquisador nos entregou alguns artigos sobre sistemas de controle, e técnicas de visualização de informação em engenharia elétrica. Material muito usado nesta pesquisa.

A visita ao Cepel trouxe novos elementos à nossa demanda investigativa, pudemos compreender quais aspectos das interfaces gráficas eram de responsabilidade de cada grupo de desenvolvedores (fornecedores, e desenvolvedores internos). Confirmamos as características desse mercado, sinalizadas anteriormente. Tais quais enfoque no aprimoramento tecnológico, e a não participação do usuário no processo de desenvolvimento.

A questão formulada inicialmente ganhara corpo, sabíamos que havia uma demanda para pesquisa, pautada em HCI, e usabilidade, com indicações para novas técnicas em representação de informação. Esses três assuntos possuíam escopos consideravelmente grandes. Pretendíamos observar os usuários, em sua situação de trabalho, para definir qual a linha principal da pesquisa, e as ferramentas necessárias para sistematizar o estudo.

A fase de articulação, e documentação para início das pesquisas foi breve. Exigiu 3, ou 4 e-mails trocados, uma carta de solicitação para realização da pesquisa na usina, e a assinatura de um termo de compromisso. Os e-mails indicavam pessoas a quem procurar, e documentos necessários. A carta, endereçada ao superintendente da operação, especificava o teor do trabalho, nos quatro tópicos que seguem:

- Aplicação da metodologia de Análise Ergonômica do Trabalho (AET), na sala de controle.
- Proposta de um teste de usabilidade das interfaces dos sistemas digitais de controle.
- Elaboração de um caderno de encargos.
- Confecção do relatório de trabalho de campo.

Esperávamos que a condução da AET (mesmo sem uma demanda gerencial, desde o início), pudesse esclarecer qual a abordagem prioritária ao trabalho. Conforme dissemos anteriormente, o escopo era volumoso. Nossas possibilidades compreendiam: distribuição de informação, equilíbrio cromático, novas técnicas de representação, navegação, estabelecimento de padrões, e as técnicas correspondentes a eles. A quantidade de teorias, e de abordagens dessas teorias, também crescia.

Àquela altura havíamos coletado diversos métodos para análise, e design de interfaces, mas apenas o guia apresentado, no capítulo 3, era direcionado ao aspecto gráfico. Os outros tratavam de software, ou web. Além de identificar, qual o método mais apropriado, para situação na empresa, ainda seria necessário adaptá-lo.

## **CAPÍTULO 8**

### **ESTUDO EXPLORATÓRIO II: A EXPERIÊNCIA NA USINA**

A introdução de novas ferramentas às situações de trabalho provoca mudanças na forma como ele é concebido, e organizado (RIERA; DEBERNARD *em* HOLLNAGEL, 2003).

No caso que apresentamos não foi diferente. O sistema foi adquirido de uma multinacional alemã, entre os anos de 1999 e 2000, entrou em operação no ano de 2003, quando a empresa se encontrava pronta para operá-lo sem prejuízos à produção, que se manteve durante toda a fase de transição (TORINO, C., 2004). O SCADA não modificou apenas a rotina da operação, era necessário prestar suporte, e desenvolver as telas de IHM do sistema. Essas novas demandas corresponderam a novos processos, surgidos na fase de implantação.

#### **8.1.1 Novo cotidiano laboral**

Na operação, a coleta manual de dados foi substituída pela busca de informações no sistema, em um volume consideravelmente maior dessas informações. Havia uma nova forma de fazer o mesmo trabalho, com ferramentas ainda desconhecidas.

Ocorriam problemas comuns ao período de introdução de novas tecnologias, como falhas, e a necessidade de ajustá-las, o que, naquele contexto, aumentava a insegurança dos trabalhadores quanto à eficiência do novo aparato.

Era necessário treinar, e certificar pessoal experiente. Segundo o chefe da divisão da Operação da Usina, inicialmente, o novo sistema causou sentimentos de “*susto*” e “*receio*” na população de trabalho, acostumada a operar por mais de dez anos, através de mesas, e painéis. Algumas reações à nova situação são listadas a seguir:

*“Terei que ser treinado e certificado após tantos anos?”*  
*“Serei testado na nova ferramenta ou em como operá-la”*  
*“O mundo inteiro irá monitorar que faço? Especialmente os analistas, que não sabem das dificuldades e pressões inerentes ao tempo real?”*  
*“Tudo fica gravado?”*  
*“O SCADA é bom pra a firma e para mim?”*  
*“Estou acostumado a trabalhar com determinado colega, agora cada um passará a trabalhar sozinho?”* (TORINO, C., 2004, p.6)

Todas essas dúvidas juntas, em um momento de transição, eram prejudiciais à implantação do sistema. Para saná-las, a empresa promoveu uma palestra intitulada: “Mudanças ocorrem o tempo todo”, proferida por uma psicóloga, e adotou uma estratégia de reforço positivo, apontando os benefícios do sistema quando aconteciam falhas.

Também foi criado um programa de treinamento usando um simulador, onde os operadores puderam treinar, o quanto fosse necessário até a certificação (TORINO, C., 2004, p. 9)

As novas questões se sobrepunham à manutenção do ritmo de produção, já que a demanda por geração continuava, e era preciso cumpri-la. Dessa forma, os equipamentos convencionais foram mantidos, durante, e após, a instalação do SCADA, a transição entre as tecnologias foi gradual, os equipamentos, e seus componentes foram sendo substituídos gradualmente. Alguns permanecem ainda hoje, por redundância, e porque não há motivos para removê-los.

O sistema entrou em operação no ano de 2003, porém, sob a supervisão de instrutores. Os operadores foram treinados, e obtiveram certificação no ano de 2004. Segundo Torino, C. (2004, p. 8), até a data de sua sessão técnica (16 a 20 de agosto, de 2004) nenhum erro humano ocorreu, na operação, por deficiência no conhecimento do SCADA-EMS.

## **8.2 Interfaces gráficas na operação automatizada**

Além de interfaces com os processos, os operadores podem acessar telas no sistema das empresas transmissoras (clientes externos), por onde acompanham as manobras das atividades de transmissão da energia gerada. Essas são atividades cooperativas entre despacho de carga, sala de controle central, e o cliente. Os envolvidos mantêm contato constante, para garantir o sucesso das tarefas coordenadas.

Outros setores das áreas de engenharia, e dos níveis gerenciais também têm acesso ao sistema. A engenharia da operação realiza as atividades da pré-operação, e pós-operação. Já os gerentes, buscam informações estratégicas, no ambiente de tempo real.

As duas novas unidades geradoras são controladas por um sistema SDSC, que será supervisionado nas salas de controle local. No entanto, suas telas também poderão ser vistas no SCADA.

Além desses dois sistemas, a operação conta com diversos programas de auxílio às atividades específicas, como coleta de informações gerenciais, e controle de vertimento.

### **8.2.1 As primeiras telas do SCADA**

Os primeiros displays do SCADA foram desenvolvidos durante a fase de implantação do sistema. Na época, foi criado um novo setor, dedicado a essa função. Contam os desenvolvedores que poucos funcionários receberam treinamento (curso oferecido pelo fabricante, nos Estados Unidos), alguns desses, foram transferidos para outros setores, pouco depois. Os remanescentes aprendiam a usar o programa durante a vida diária. Conforme a demanda era cumprida, retornavam às atividades de seus setores originais, e as telas passavam a ser uma atividade paralela, dessa vez, mais relativa à manutenção, que à criação.

Engenheiros, e alguns operadores integravam a equipe. Criou-se o hábito, desde o início, de considerar requisitos dos usuários, e modificar os problemas relatados, para reduzir os erros no uso, e também para reduzir a tensão interna na empresa, caso algum erro fosse causado pelas IHM.

Essas telas continham diagramas tradicionais da engenharia, transferidos do papel para as telas, acrescidos de mostradores de dados, e *links* para telas correlatas. Parte dos gráficos repassados para as telas pertencia a outro sistema, mais antigo na usina, e, portanto, dotado de menos recursos. A navegação entre elas foi estruturada a partir de um diagrama, onde as telas eram relacionadas às tarefas, e interligadas de acordo. Estruturar a navegação foi uma das primeiras providências tomadas pelos desenvolvedores, que a consideraram como aspecto fundamental, no projeto.

A fase inicial é relatada, por seus participantes, como uma época de estresse, e tensão, pelo volume de trabalho, e pelo desafio em realizar essas tarefas de uma nova maneira, com novas ferramentas, e sem parâmetros, bem estabelecidos. Se hoje existem poucas referências para a construção de interfaces gráficas, menos ainda havia à época.

Providência, também importante, foi a elaboração do caderno de critérios, e padrões gráficos para construção de displays, com base no documento: "*Display Design for Dispatch Control Centers in Electric Utilities: Handbook*", resultado de pesquisas patrocinadas pelo *Electric Power Research Institute* (EPRI).

### **8.3 O processo de desenvolvimento atual, e a evolução dos displays SCADA.**

Hoje, os desenvolvedores estão distribuídos por setores na engenharia de operação, cada um deles costuma promover mudanças relativas à sua área.

A atualização dos displays é uma atividade sobreposta às atividades principais desses profissionais, e paralela ao cotidiano de uso. Ela costuma acontecer quando é necessário transmitir, para o sistema, mudanças ocorridas na planta (substituição de equipamentos, por exemplo). Nessas ocasiões, os desenvolvedores realizam

modificações, no aspecto interativo (novos botões, itens de informação, e outros), requisitadas por usuários, ou identificadas por eles mesmos.

As primeiras telas receberam novos recursos interativos, gradualmente, conforme novas possibilidades eram identificadas. Assim, *links*, botões para novos aplicativos, desenhos, e animações, foram sobrepostos aos *layouts* originais. Foram criados displays centrais para cada processo, onde se têm acesso às outras telas, e aplicativos, necessários às tarefas de supervisão e controle.

Atualmente, existem cerca de 1000 displays no SCADA, muitos deles caíram em desuso com a implantação de novos aplicativos (mostrados mais adiante, no texto), desenvolvidos especificamente para determinadas tarefas. Eles dão acessos às telas do SCADA, e oferecem recursos extras, não disponíveis no sistema.

### 8.3.1 O usuário no processo de desenvolvimento

É de costume, na Usina, que os usuários especifiquem atributos interativos desejáveis às interfaces, e a modificação desses atributos, quando reprovados. Os pedidos são feitos individualmente, ao desenvolvedor, e instalados em determinadas oportunidades.

Alguma parcela desses pedidos corresponde a necessidades reais em melhorias, a outra parcela, a gostos pessoais, nem sempre importantes ao todo. Nesse último caso, tal mudança pode gerar mais reclamações, e conseqüentes pedidos por novas mudanças.

Por vezes, percebemos certa contrariedade, nos desenvolvedores, à participação do usuário, muitas vezes (talvez em todas às vezes), justificada com alguma ocorrência passada. Como por exemplo, a época quando cada turno da operação pedia a mudança do fundo de tela, até que o responsável pela manutenção do sistema decidiu por uma única cor, e pela permanência dela. Ouvimos algumas histórias do gênero.

#### **8.4 O software gerador de displays**

O software usado para editar displays, integra o pacote SCADA (comentado no item 8.4). Trata-se de uma ferramenta descrita pelos usuários como “dura”, e “cheia de limitações” quanto às tarefas de desenho.

É, segundo o fabricante, um sistema “*full-graphics*”, tecnologia que permite desenhar geometrias, e formas irregulares, em qualquer ponto do display, além de associar cores aos objetos, e não às linhas onde eles estão. Possui ferramentas: *zoom* (ampliação e redução da imagem), e *pan* (movimentação livre do ambiente onde se desenha), facilitadoras da função de desenhar.

No entanto, o produto não possui outras funções, auxiliares à atividade de desenho. Entre esses atributos desejáveis, está a função copiar e colar, de uma tela à outra. Outras dificuldades relatadas são: A falta de um sistema de coordenadas, exato, como o do AUTOCAD; Ausência de outros facilitadores de desenho (para linhas retas, construção de blocos, e outros); Não existência de uma biblioteca com blocos padronizados; Dificuldade em criar animações; Dificuldade em conectar objetos ao sistema, já que não existe uma lista de pontos (de conexão). Dessa forma, é necessário escrever o endereço por extenso, o que motivo para erros freqüentes, identificados apenas ao final dessa operação, quando objeto não é encontrado no sistema.

#### **8.5 Recursos para aumento da confiabilidade humana**

A empresa assume a postura (contemporânea) tradicional da indústria, investe no desenvolvimento de sistemas digitais, e programas de treinamento, para aumentar a confiabilidade humana na operação. Desenvolveu o Programa Anual de Treinamento (PAT), e alguns programas auxiliares à operação, como simuladores, e o SARTRE.

O PAT conta com dois módulos de treinamento: SCADA A, SCADA B, e atividades simuladas. Os operadores também têm acesso a artigos, documentação técnica, e material teórico disponível na intranet.

SARTRE (“*System for Activating Rules in Real Time*”) é um sistema tipo “*pokayoke*”, apelidado de “N-1”, para operar no SCADA. Os envolvidos no projeto demonstram grande expectativa quanto ao seu desenvolvimento, devido ao seu mecanismo de ação, à prova de erros. “*Pokayoke*” são dispositivos que garantem a realização de uma ação, apenas, da forma predeterminada. Constitui-se da regra: IF-THEN (Se-Então). Atua de a forma explicada a seguir:

“IF” uma tentativa de executar um comando/manobra, “E” o estado lógico da planta “=” Violação das instruções de operação, “Então”: O SARTRE não permitirá a realização do comando/manobra pretendidos; Uma janela se abre automaticamente informando ao operador porque o processo foi interrompido e o que deve ser feito para evitar violações às instruções (Torino, C., 2004, p. 9).

O recurso vem sendo largamente utilizado em diversos segmentos industriais para aumento da qualidade dos processos e produtos. Conceito, desenvolvido no Japão, tornou-se mundialmente popular a partir da publicação do livro: “*Zero Quality Control: Source Inspection and the PokaYoke System, de Shigeo Shingo* (Productivity Press, 1986)”. Segundo o autor, erros são conseqüências da constituição humana, e não podem ser eliminados. Logo, a implantação dos “*pokayoke*” pode evitar que erros se tornem defeitos, ou falhas na produção. Tal gênero de sistemas, para prevenção de erro, aplicavam-se originalmente à indústria de bens de consumo. No caso aqui estudado, o que se procura eliminar são os erros de operação, de grandes conseqüências.

## **8.6 GSS – Grupo de Sistemas de Suporte**

O grupo presta suporte ao SCADA, e desenvolve sistemas auxiliares às atividades da operação, como o SGW (SCADA Gerencial via Web), e o SCV (Sistema de Controle de Abertura do Vertedouro). O ciclo de desenvolvimento de

produtos tem início quando uma área (cliente) entra em contato com o grupo. Os primeiros requisitos são analisados, e então é feito um protótipo funcional. É comum, que o cliente teste esse sistema, e faça novos requisitos ao grupo. O ciclo continua até que o cliente, o aprove. Os softwares têm boa aceitação junto aos usuários. Quando perguntados, todos eles disseram aprovar suas interfaces gráficas.

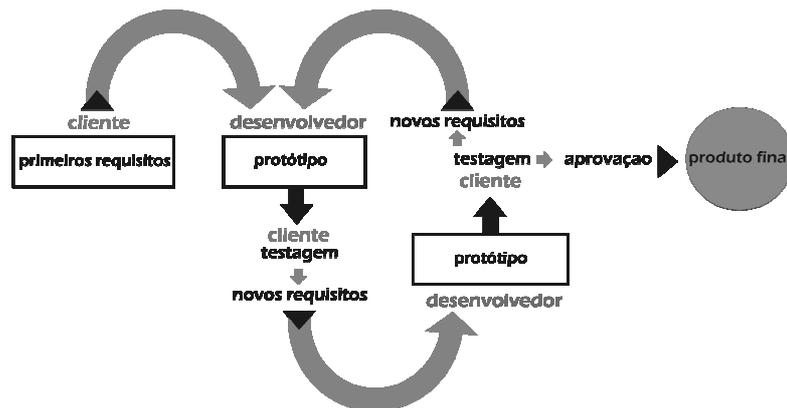


Ilustração 32 - Ciclo de desenvolvimento de sistemas de produtos no GSS.

### 8.6.1 Produtos do setor

#### *SCADA Gerencial via Web (SGW)*

O software apresenta as informações da planta, em tempo real, para o nível gerencial, via internet ou intranet em interface *web*. Foi concebido para eliminar os processos de instalação, e manutenção, anteriormente necessários em cada computador onde seria usado.

#### *Sistema de Controle de abertura do vertedouro (SCV)*

Simulador de condições para vazão vertida (volume de água, a ser liberado, pelas comportas do vertedouro), desenvolvido para uso no despacho de carga.

#### *Sistema de Controle da operação (SCO)*

Programa que reúne informações relativas às condições de operação, para programação, e controle da produção.

## **8.7 A pesquisa de campo**

A primeira reunião, com o com o Superintendente da operação, e o Chefe da operação da usina foi o marco inicial da experiência em campo. Depois de esclarecermos o tema de pesquisa, ficou decidida a estadia no Grupo de Sistemas de Suporte (GSS), porque lá se prestava manutenção ao SCADA. Cheguei a comentar sobre a visita ao fornecedor, e sobre as telas do SDSC, mas o sistema ainda não estava em operação, e pouco se sabia dele. Assim, o chefe do setor (GSS) foi convidado, e encarregado de acompanhar nossas pesquisas, como supervisor de estágio.

Nossa localização no GSS era interessante, porque no setor são desenvolvidos novos softwares para auxílio à operação, e porque havia proximidade ao processo de desenvolvimento das telas, parcela (a princípio), dos estudos.

Primeiramente, o chefe do setor nos apresentou seu pessoal, e a eles, nosso tema de pesquisa: Ergonomia de telas para o SCADA, e pediu que eu o descrevesse. Apresentações iniciais feitas; Ficou determinado que, cada um deles, nos apresentaria seu trabalho. O que foi sendo feito conforme sua disponibilidade.

Nossa estadia, naquela área, fora decidida no momento da primeira reunião, sendo assim, poucos dias depois, recebemos um cronograma elaborado pelo chefe do setor. A programação incluía visitas técnicas, e uma palestra de apresentação do SCADA.

Em contra partida, o apresentei uma proposta de atividades. Já que, apesar de estar oficializada como estágio, tratava-se de uma pesquisa científica. Havia uma projeção anterior a ser cumprida (a realização da AET). As visitas técnicas, obviamente, eram parte importante, mas não era tudo o que precisávamos fazer.

Deveríamos sobrepor os dois esquemas. Quanto à atividade na CCR, respondeu-me que por se tratar de outro setor, dependia da autorização de outras pessoas, mas que ele os procuraria.

A essa altura, já tínhamos começado as pesquisas sobre o SCADA, e o processo de desenvolvimento das telas. Recebemos do chefe de setor, os manuais do software gerador de telas, e um documento sobre requisitos de IHM, do sistema.

A fase introdutória da pesquisa terminou na segunda semana, com o encerramento das visitas técnicas. Ainda havia um setor a visitar, mas o encurtamento do cronograma demandava que iniciássemos as atividades de focalização. Então, voltamos ao chefe do GSS, que nos transmitiu a negativa do setor de operação da Usina, argumentada nas restrições de segurança, e nos riscos, em ter alguém desconhecido, no setor. Não poderíamos estar lá, nem acompanhados (caso alguém tivesse tempo). Nem mais, as breves visitas guiadas, eram possíveis. As informações globais da empresa, pedidas no começo do estágio, como população de trabalho, setores principais, turnos, e etc. nunca chegaram. Falamos diretamente com o chefe da operação, que reiterou a negativa, anterior.

Decidimos pedir uma extensão de 60 dias, ao período de estágio. Para continuar tendo acesso aos documentos técnicos, e dar continuidade aos trabalhos. Das quatro semanas estipuladas inicialmente, duas foram dedicadas ao reconhecimento global, da empresa, e a terceira, usada nas tentativas em viabilizar as atividades. De fato, o mecanismo da instituição era consideravelmente complexo, havia dois sistemas de controle, alguns outros programas, e diversas áreas envolvidas (além do escopo da pesquisa).

A resposta foi uma negativa final à questão. Pautada nas restrições de segurança, sigilo, e também na ocupação de pessoal, porque não poderíamos estar desacompanhados. Essa última justificativa, não deixava margens à insistência (cronograma, e custo). Também estava fora de questão, aplicar qualquer método de avaliação, participativo. A não ser que deixássemos as instruções, e recebêssemos a resposta, já de volta para casa. Ou seja, contanto que não participássemos.

Decidimos mudar a linha de atuação do trabalho. Os testes de usabilidade, não pareciam mais adequados, àquela altura. Das conversas com os usuários, aliadas à observação de suas regulações, concluimos que eles não percebiam mais as falhas nas interfaces, tinham estratégias para contorná-las. Logo, o método seria ineficaz. Estudávamos outros desses métodos, e frente à situação que se formava, decidimos nos voltar àqueles não participativos. Permaneceríamos no setor, para consultas ao material técnico, e eventualmente às pessoas.

Essa proposta foi aceita, porém apenas 30 dias seriam possíveis. Devido a determinações legais (estágios podem ser estendidos, apenas, por período igual ao primeiro. No nosso caso, 30 dias).

Durantes as quatro semanas, do período de extensão, buscamos confrontar a experiência obtida a outros trabalhos. Analisando as imagens, e considerando as informações colhidas, confeccionamos alguns protótipos, não funcionais, ilustrativos dos resultados da pesquisa. Eles foram submetidos a alguns dos participantes. Durante a mostra, perguntávamos se os modelos correspondiam às telas originais (se estavam corretas, do ponto de vista técnico). Listamos as respostas a baixo:

#### *Superintendente de operação*

Aprovou o resultado, se mostrando interessado na continuidade das pesquisas. Sugeriu que especificássemos uma nova proposta, para continuidade dos trabalhos, futuramente.

#### *Chefe do Grupo de Sistemas de Suporte*

Considerava que as interfaces gráficas não eram um tema de relevância para a empresa, dedicada a outros meios de promoção para a confiabilidade operativa.

#### *Analista 1*

Mostrou-se positiva quanto às soluções mostradas, disse considerar interessante o desenvolvimento de pesquisas sobre o assunto. Reafirmou a dificuldade

imposta pelo software gerador de displays, que não permite a aplicação das soluções propostas.

#### *Analista 2*

Não comentou os protótipos, nem a pesquisa.

#### *Engenheiro de operação 1*

Acompanhou o chefe do GSS, em sua opinião. Disse não considerar a interface gráfica como uma das prioridades. Acreditava na eficiência dos softwares. Considerou os modelos correspondentes aos originais. Mas, de sua perspectiva, era melhor que os botões fossem coloridos, para que fossem encontrados mais rapidamente, quando fosse necessário.

#### *Supervisor de despacho de carga 1*

Declarou gostar da solução, e considerar necessárias, as pesquisas sobre o tema. Lamentou os limites de tempo.

Falou das dificuldades com o gerador de displays, e disse que os novos softwares do gênero também oferecem dificuldades, segundo o engenheiro, os novos programas têm continuam basicamente como os antigos.

#### *8.7.1 As contribuições de campo*

Apesar de não cumprirmos o planejamento original, realizamos outras atividades, também proveitosas a este trabalho. Devemos afirmar que fomos, na medida do possível (devido às restrições de tempo), bem assistidos pelos participantes. Que trataram de providenciar informações, nos acompanhar, ou nos receber, em atividades de nossa pesquisa sempre que o cronograma permitia.

Dos relatos ouvidos de participantes, e dos corredores da usina, surgiram informações pontuais, mais semelhantes a indícios de problemas relativos à situação que tratamos. Essas observáveis representam elementos diferenciais, aplicados na confecção dos protótipos, e na elaboração do texto. As separamos por temas, e apresentamos a seguir

### *Participação do usuário*

A participação do usuário no processo de concepção das telas mostrou ter vantagens, e desvantagens.

A vantagem principal é a criação de telas onde existem grupos de informações. Essa característica permite ao operador uma visão mais global do sistema. Sua participação também é importante, porque resulta na correção de falhas graves na interface.

As desvantagens consistem no aumento das informações em tela, nem sempre necessárias, e no retrabalho constante dos desenvolvedores. Esse último aspecto se reflete na sobrecarga de trabalho dos profissionais, e em aborrecimentos, causados pelo desencontro das informações. Resulta disso um perceptível desconforto, ou reprovação, por parte dos desenvolvedores. De fato, constatamos dificuldades reais nessa prática. Apesar dela ser necessária.

### *Erro humano*

As constantes correções nas interfaces, e as medidas de segurança contra as falhas remanescentes, dificultam a ocorrência de erros (perceptíveis), por causa da interface. Porém, observamos a necessidade, constante, de confirmar valores lidos, não para checar o estado do sistema, mas para confirmar se a leitura não estava errada. Isso pode acontecer devido ao tipo e tamanho das letras usadas. Pequenas falhas perceptivas, podem não ocasionar erros diretamente, mas não sabemos se em um momento de risco, sob tensão extrema, uma pequena falha perceptiva, não vá se transformar em um erro na comunicação entre as pessoas. Como no caso, envolvendo

despachantes e operadores, onde um deles disse um valor, sem a unidade de grandeza, e o outro executou a ação com outra unidade de grandeza, bem maior.

### Práticas

Na empresa há o costume de representar informações em tela, as distribuindo como na planta. Essa providência permite, comprovadamente, o usuário a se localizar no sistema (monitorado).

As interfaces dos programas, desenvolvidos no GSS, costumam representar a lógica da tarefa, e conseqüentemente, o modelo mental do operador. São projetadas com base no princípio da simplicidade. A conseqüência é a aceitação declarada dos programas (no aspecto interativo), manifestada quando perguntamos sobre seu uso. Sua eficiência também pode ser comprovada, na constatação de que diversas telas do sistema SCADA, deixam de ser consultadas, em preferência ao uso dos programas.

## CAPÍTULO 9

### ERGONOMIA NAS INTERFACES DE SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO

Contextualizamos os 5 princípios de usabilidade, elaborados por Nielsen, J. (1993), na situação observada na usina. Nosso objetivo era estabelecer parâmetros específicos, para a qualidade interativa das interfaces gráficas de IHM.

#### 1 O sistema deve ser fácil de aprender (Learnability)

O aprendizado na lida com as interfaces gráficas costuma ser longo, e bem intenso, a princípio (de acordo com o que disseram os usuários, observadores e desenvolvedores). O processo começa durante a aquisição do sistema, e continua durante o cotidiano de uso, com os programas de treinamento. Esses treinamentos têm como objetivo a prática de manobras técnicas, mas, frente à necessidade de reforçar a fluência do uso, parte do tempo é dedicado ao treino na ferramenta. Dessa forma, a complexidade das interfaces é contornada, mas resulta em gasto de tempo.

Facilitar a aprendizagem das IHM se relaciona à aplicação de padrões gráficos já conhecidos pelos usuários, e à simplicidade do funcionamento. Dessa forma, o conhecimento adquirido fora do ambiente de trabalho pode ser aproveitado.

#### 2 O usuário deve produzir mais, e melhor com a ferramenta (Eficiência)

Como foi dito por diversos participantes, a introdução do sistema de controle, de fato, aumentou a produtividade na operação. A ponto dos usuários não considerarem mais a hipótese de trabalhar sem ele. A parte técnica do sistema continua sendo aprimorada, inclusive com os novos softwares, desenvolvidos especificamente para cada nova possibilidade em segurança (simuladores, pokayokes, etc.).

A eficiência (ou a falta dela) do ambiente gráfico é percebida apenas quando há algum problema muito explícito, como por exemplo: falta de visibilidade extrema, ou alguma falha que cause interrupções frequentes ao trabalho. Quanto às falhas mais

sutis, como a distribuição desfavorável de informação (texto corrido à direita, por exemplo), o usuário acaba por se acostumar, e compensar essa falha. Assim, não podemos perceber se ele produziria mais em outras condições, ou medir quanto tempo ele perde buscando outro caminho para realizar a tarefa.

Podemos dizer que, neste caso, a eficiência dos atributos gráficos, deva estar relacionada ao menor caminho para o cumprimento de seus objetivos. O que se refere a facilitar a compreensão humana. Uma vez, que nos referimos a atividades predominantemente, cognitivas.

### 3 Deve ser facilmente lembrado após certo tempo sem uso (*Memorability*)

Quando em campo, ouvimos algumas vezes referências à necessidade de (auto) reabilitação às interfaces, após períodos de férias. Esses períodos não costumam ser longos, devido às exigências do ambiente industrial, duram cerca de 15 dias. Logo, essa leve perda de habilidade, explicita a complexidade cognitiva da ferramenta. Já que os envolvidos são experientes, e constantemente treinados.

Lembrança se refere a reconhecimento. Segundo as teorias da Gestalt, no capítulo 5, para reconhecermos é necessário, que primeiramente conheçamos o padrão, e depois que o elemento gráfico representante seja significativo. Para tanto, ele deve ser simples, bem delineado e fazer parte do cotidiano. Assim, facilitar o uso da memória, nas interfaces, pode se referir à padronização, organização dos elementos, simplicidade das formas, e correspondência da representação gráfica com o ambiente.

### 4 O sistema não deve conduzir o usuário a cometer erros (*Errors*)

Esse princípio, na situação aqui apresentada, se refere às oportunidades de erro, surgidas de alguma coisa não esperada. Como botões de navegação, próximos a botões de comando. Na usina essas precondições para falhas são contornadas com treinamento extra, e supervisão para algumas tarefas (“botões não tocar”). Essas medidas nos parecem efetivas, porque a reafirmação constante da oportunidade de erro leva o usuário a conhecê-lo, e evitá-lo. Mas, o risco se mantém, já que em

momentos de estresse, o usuário fica mais suscetível a identificar soluções (corretamente idealizadas), onde elas não estão.

Também existem implicações indiretas da interface gráfica, referentes a outros tipos de erro. Caso o usuário confunda a leitura de um valor (por exemplo), e formule uma hipótese errada (raciocinando corretamente). Ainda nesse caso, pode ser que o usuário venha a se corrigir, frente à estranheza da informação. Nesse caso, ele buscará confirmação de outras formas, e não incorrerá em uma falha. Mas sim, em perda de tempo.

Para que haja acerto, é necessário que se encontre o idealizado (corretamente), da forma, ou no lugar onde se espera que ele esteja.

##### 5 O sistema deve agradar subjetivamente ao usuário (*Satisfação*)

A aceitação do sistema de controle, após o período de adaptação, exemplifica o tipo de satisfação, a qual Nielsen, J., (1993), se refere. Corresponde a propiciar produtividade, e evitar que os usuários se irrite, ou fiquem apreensivos com determinada característica no display.

Encontramos outro bom exemplo disso, na usina. Tratava-se de um aviso com o seguinte enunciado: “ponto não selecionável”; Que se abria quando o usuário clicava pontos não acionáveis. Se inicialmente essa mensagem parece desnecessária, lembremos que o sistema entrou em operação no ano de 2004, e que antes disso o trabalho na operação tinha outro paradigma (as tecnologias convencionais, e o chão de fábrica). Logo, as reações do sistema de controle eram desconhecidas, causando ansiedade.

Podemos relacionar a satisfação do usuário, aos atributos da interface que promovam a produtividade (redução de erros, e aumento da produção).

## 9.1 Protótipos

Selecionamos duas telas do sistema SCADA para testar os resultados de nossa pesquisa, as telas: Síntese de SEMD, e Sistema Elétrico Principal, da Usina. Elas foram escolhidas, em meio a tantas, por motivos diferentes.

Em síntese de SEMD, identificamos prontamente, as oportunidades de melhoria, em layout. Já a tela do Sistema Elétrico, nos foi apontada como uma das mais acessadas, por dar acesso a todo o sistema.

Não havia muito tempo para a execução dessas tarefas, logo, também consideramos o critério de simplicidade da solução, exigida. Para que fosse possível apresentá-las aos participantes.

Assim, aplicamos os princípios de design gráfico conhecidos. E buscamos atender aos princípios de Usabilidade (Nielsen, J., 1993), nos critérios que justificaremos a seguir:

### *Learnability e Memorability*

Referem-se à simplicidade das formas, e reconhecimento de padrões. Assim, mantivemos os padrões já usados na usina para representar os botões, e campos de dados. Também respeitamos a ordem das grandezas elétricas (apresentadas, em todas as telas, na mesma seqüência.

### *Errors e Satisfação*

Também condicionados mutuamente, neste caso. Quanto menos o usuário erra, menor a insatisfação com o sistema. Dessa forma, aumentamos os tamanhos de caracteres alfanuméricos, e dos campos mostradores.

Outra medida foi posicionar as grandezas elétricas dentro do mostrador, como um lembrete constante. Trata-se de uma providência sutil, pautada nas leis da Gestalt

(aproximação leva à correlação, à formação de um conjunto) na tentativa (exige confirmação em pesquisa) de reduzir os mal entendidos na troca de informações entre as pessoas.

### Produtividade

O aumento da produtividade está relacionado ao aproveitamento espacial da tela. Separamos campos de informação, e os posicionamos de acordo com a dinâmica de leitura, natural. A seguir apresentamos as telas originais.

## 9.2 As telas originais

### Síntese de SEMD (Ilustração 32)

Encontrada nos sistemas SCADA, SGW, e SCO. Usada para diversas atividades, nos setores: CCR, despacho de carga, pré-operação, e gerências. Observamos sua diagramação, onde o título da página está na parte central da tela, à direita.

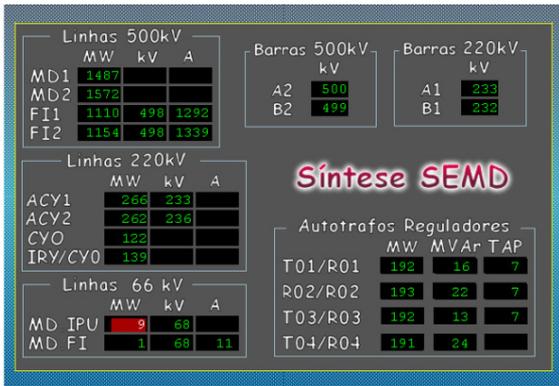
Elementos	Função	
Texto	Título da tela	
	Nome do equipamento	
	Especificação do equipamento	
	Grandezas elétricas	
	Dados de tempo real	
Mostrador	Apresenta dados de tempo real	
Fundo de tela	Cinza	

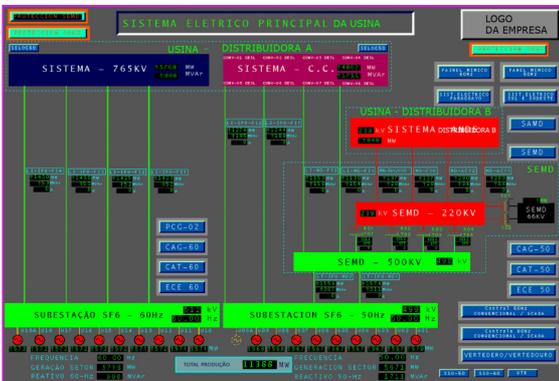
Ilustração 33 – Tela síntese de SEMD

Quadro 1 – Parametrização da tela síntese de SEMD

*Display do sistema elétrico principal da usina (Ilustração 33)*

Usada para supervisão do processo de produção, e transmissão. Concentra informações sobre todo o sistema elétrico da usina, e oferece acesso a outras telas do sistema.

Passou por diversas atualizações até chegar a essa configuração. Inicialmente continha apenas o diagrama, e os dados de tempo real, com poucos recursos interativos. Cada novo atributo foi posicionado conforme havia espaço.

Elementos	Função	
Botão	Navegação	
Texto	Título da tela	
	Nome do equipamento	
	Especificação do equipamento	
	Grandezas elétricas	
Mostrador	Dados de tempo real	
	Apresenta dados de tempo real	
Fundo de tela	Cinza	<p>Ilustração 34 – Tela síntese do sistema elétrico da usina.</p>

Quadro 2 – Estudo da tela síntese do sistema elétrico

### 9.3 Protótipo da tela Síntese de SEMD

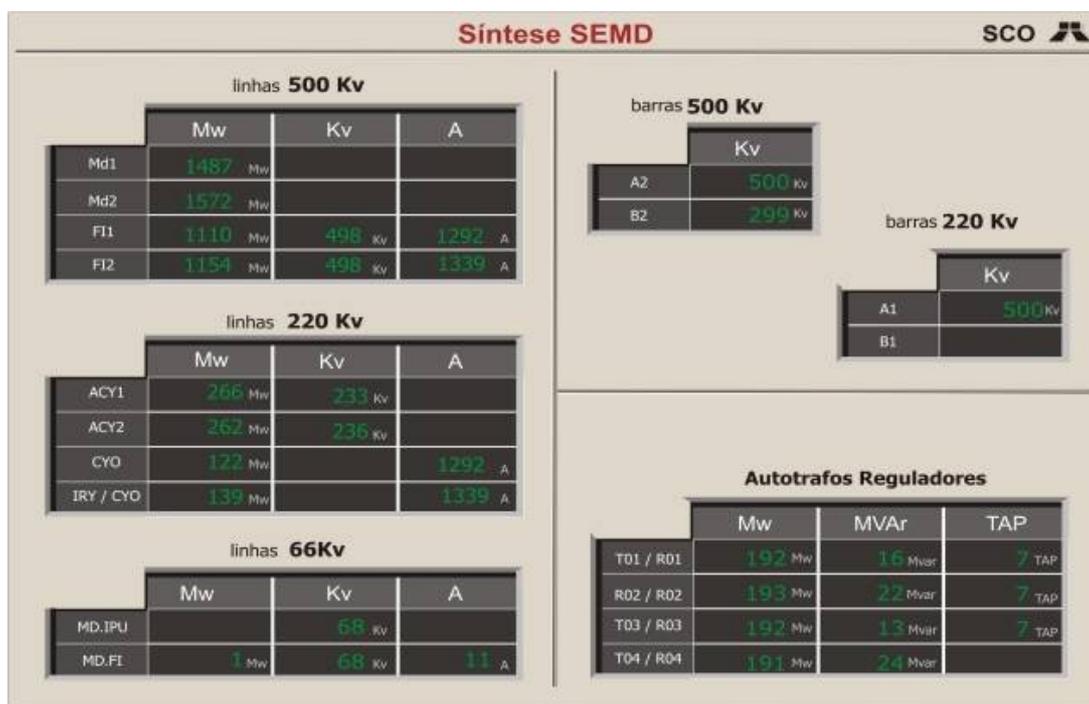


Ilustração 35 – Protótipo da tela Síntese de SEMD

- (i) Distribuição dos elementos gráficos de acordo com os grupos conceituais, no caso esses grupos são: linhas, barras e autotrafos reguladores (ilustração 35).

1 – Título da tela (centralizado no alto da tela)

2 – Nome do programa

3 – Logotipo da empresa

4 , 5 e 6 – Os campos demonstradores de dados dos equipamentos “linhas” foram distribuídos de forma proporcional e centralizada por trás sub divisões do lado esquerdo do display.

7 – Os dados dos equipamentos “barras” estão distribuídos à direita na parte superior do display, os campos foram separados em linhas e colunas diferentes para facilitar a leitura .

8 – O campo dos equipamentos “autotrafos reguladores ficou centralizado à direita na parte inferior.

- (ii) Divisão da tela – Marcação com sombras em baixo relevo. A tela foi dividida inicialmente em 3 campos, classificados pelos nomes do grupo de informações

que representam, quais sejam, linhas, barras e autotrafos reguladores. As dimensões de cada um desses campos são proporcionais ao volume ocupado por seus componentes (ex.: O grupo linha possui 3 componentes: 500, 220, 66 Kv).

(iii) Campo visor de dados (Ilustração 36)

linhas	Mw	Kv	A
500 Kv			
Md1	1487 Mw		
Md2	1572 Mw		
FI1	1110 Mw	498 Kv	1292 A
FI2	1154 Mw	498 Kv	1339 A

Ilustração 36 – Visor de dados

(iv) Inclusão dos sufixos (unidades de medida MW, A, KV) após o dado de tempo real de forma redundante – Proposta para reduzir a ocorrência de mal entendidos a respeito da unidade de medida. (muitos usuários relataram já ter ocorrido mal entendidos durante as comunicações entre funcionários sobre a unidade de medida a que estão se referindo. E que já houve conseqüências consideráveis, como envio de cargas erradas, por exemplo).

(v) Equilíbrio cromático

- Fundo - cor muito utilizada para fundo de telas nos softwares de escala comercial (plataforma windows), essa cor costuma ter bom contraste com um grande numero de outras cores e não é muito vibrante, sendo assim visualmente confortável.

<b>Padrão</b>	<b>Código</b>
RGB	222, 214, 199
Web (#)	DD5C7
C++	0x00C7D5D

Quadro 3 – cor de fundo nas telas

- Fundo dos visores de dados de tempo real - De acordo com o padrão já utilizado na empresa foi utilizada a cor cinza escuro para o fundo do visor com a especificação do equipamento.
- Título da Página – O título da página foi escrito em vermelho já que o sistema elétrico da margem direita (SEMD) é habitualmente representado por essa cor.
- Nome do programa e logo da empresa – Representados na cor cinza por serem informações não relevantes, mas que devem estar presentes no display porque situa o usuário.

## 9.4 Protótipo da tela Síntese do Sistema Elétrico da Usina

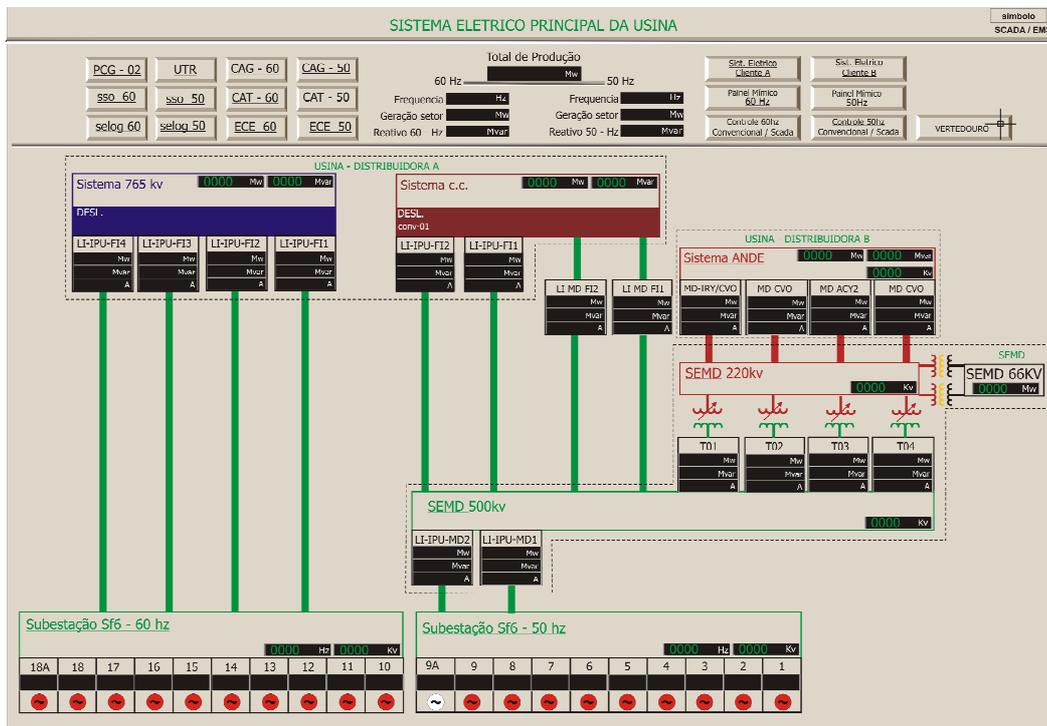
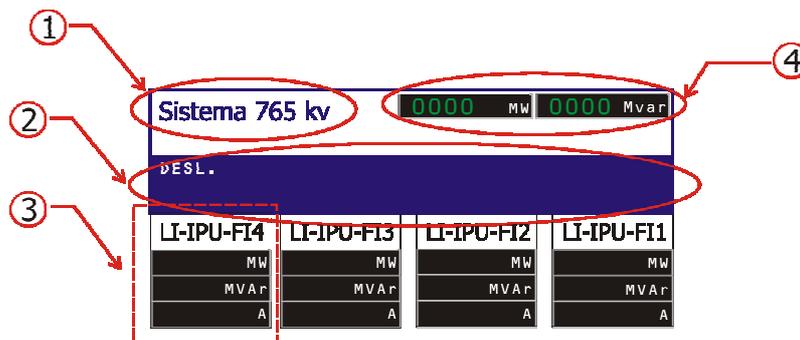


Ilustração 37 – Proposta de solução para o display do Sistema elétrico principal

Campos conceituais: Cada retângulo como o do esquema 5 representa um subsistema do sistema de produção (765Kv, Sistema CC, etc.).



Esquema 1 – Campo conceitual : Representação dos elementos do subestação agrupados.

1 – Título do sistema representado nesse campo

- Posicionamento: sempre acima a esquerda do quadro (para que haja espaço para a introdução dos mostradores de dado: Mw, Mvar e A, e para os equipamentos desligados abaixo).

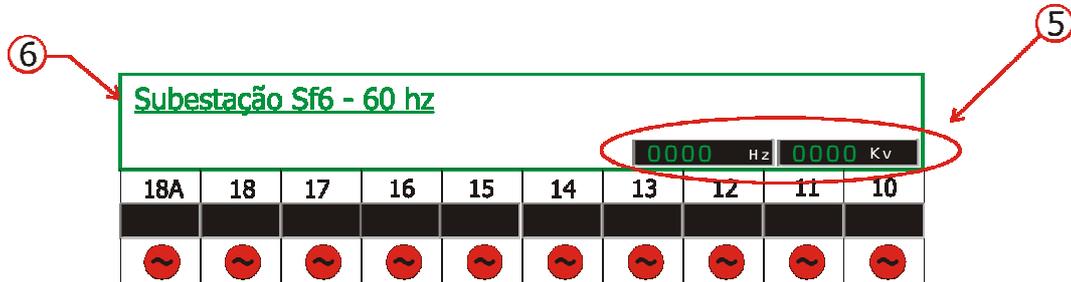
- Cor: a cor que indexa o elemento representado é aplicada ao contorno do retângulo, ao título do campo, e ao fundo da área para equipamentos desligados. No caso do sistema de 750 Kv, azul.

2 – Campos mostradores de equipamentos desligados – Na configuração anterior (Display 10) a área perto do nome do sistema foi aproveitada para demonstrar os equipamentos desligados. Na configuração proposta os campos são separados para criar espaço para os mostradores de TR

3 – Campo mostrador de valores de tempo real abaixo do retângulo para economia de espaço.

4 – Mostradores de Mvar e Mw – Padronização da disposição

Nome dos equipamentos: Preto. O manual da empresa recomenda o uso das cores:



Esquema 2 – Outros aspectos nos campos conceituais das subestações.

5 - Mostradores Hz e Kv – Posicionamento padronizado

6 – Proposição de transformar em link o título do campo, para economizar espaço e tela e tornar imediata a navegação. Aparência de link (texto sublinhado).

- Botões
  - Retângulo (tamanho variável) em alto-relevo e na mesma cor do fundo do display – O efeito em alto relevo transmite a idéia de botão, utilizando-se a mesma cor, no botão, que é utilizada no background, reduz-se o peso visual.

→ Mnemonics (sublinhado) O efeito sublinhado, é um recurso já muito utilizado para indicar a presença de links.

- Elementos sem manipulação direta (informativos apenas, ex.: título de equipamento, visor de tempo real) – aparência plana, sem efeitos de relevo.
- Visores de tempo real – fundo preto, baixo relevo
- Linhas auxiliares- tracejado, preto
- Textos: nomes de equipamentos, botões, textos informativos
- Divisores de áreas do display - sombras em baixo relevo
- Total de produção – Centralizado porque é uma área de síntese de informações e muito consultada.
- Menu – estabelecimento de uma área de menu. Apesar da recomendação da hexatec, o menu foi posicionado acima da tela , para aproveitar o espaço ao lado do total de produção. Também se deve considerar a frequência de uso dos botões, caso o acionamento seja freqüente os comandos devem estar em um ponto mais visível, a área no alto do display exige menos movimentação vertical de cabeça e pescoço.

## CONCLUSÃO

Neste trabalho, partimos da demanda por confiabilidade humana na indústria, onde inicialmente se temia que o usuário cometesse erros por causa da interface gráfica. Os estudos revelam que essa possibilidade, existe, mas é contornada com treinamentos extra, e desenvolvimento de outros dispositivos. A capacidade humana de adaptação, também contribui nesse sentido, depois adaptados os usuários não percebem mais os problemas na interface, desenvolvem regulações e compensam as falhas interativas, com a criação de mini-tarefas para checagem da informação (na maior parte das vezes imperceptíveis, ao executor).

O problema parece se deslocar de uma área a outra, se os erros graves não acontecem (ou ocorrem em menor proporção), eles passam a ser compensados com o aumento do gasto de tempo, e de recursos humanos na organização. Passa a ser necessário treinar as manobras, e as correções na interface (do tipo não clicar aqui, ou retornar àquela página). Resulta disso um ambiente, onde ninguém fica satisfeito. Desenvolvedores são levados ao retrabalho, constantemente, com as reclamações e pedidos; Por outro lado, os usuários nunca estarão satisfeitos, já que a cada hora se quer uma coisa, e por vezes o que estava satisfatório é desfeito. Esse é o grande impasse: se os usuários não pedem, a ferramenta não amadurece, se os desenvolvedores não impõem limite, o retrabalho se perpetua. Se por um lado há tensões entre as pessoas, por outro a ferramenta de trabalho se torna mais eficiente.

A usabilidade dos displays estudados comprovou-se dependente do processo de desenvolvimento. No caso estudado, onde foi criado um setor para desenvolvimento de sistemas auxiliares (estudo focado, setor GSS), pode apontar uma tendência em tratar o processo de desenvolvimento como um projeto estabelecido, com pré-requisitos, estudos, cronogramas, objetivos e etc. Mesmo que esse projeto seja de fato um processo dentro de outro projeto, parece ser necessário tratá-lo de forma mais sistematizada

Sem uma demanda gerencial, realmente não foi possível encaminhar a AET. Em nossa percepção, isso se assemelha a entrar na casa de outra pessoa, pedindo gentilmente para resolver algum problema, percebido por ela, mas contornado. E, portanto, considerado menos importante (e não inexistente). A metodologia exige que a empresa ceda informações, por vezes sigilosas, ou estratégicas à sua operação; em outros momentos exige o deslocamento das pessoas de suas funções; E o acesso à áreas restritas. Como convencê-la a atender se, a princípio, não existe um problema a ser resolvido? Ou se ele não é de seu interesse?

Devemos considerar também que a Ergonomia, é uma ciência desconhecida a muitas pessoas. Que por vezes se sentem acusadas pelos erros, ou investigadas em suas competências técnicas. Quando isso acontece, nem os devidos esclarecimentos a respeito de nossa abordagem, contornam a situação (fato que deve ter prejudicado consideravelmente os andamentos da pesquisa).

Outra condicionante, era a natureza de nosso trabalho, lidamos com uma questão que exigia a elaboração conceitual de uma solução. Costuma ser muito difícil descrever algo que não existe, ou pelo menos não se vê (percebe-se o problema, mas não se encontram referências para a solução). Essa é um problema comum, à prática do design, transmitir a noção de um objeto que não pode ser visto, por ainda não ser material. Tanto que lançamos mão de técnicas para visualização das idéias, como os desenhos em 3d, documentação técnica e afins. Em determinada altura da pesquisa, percebi que poderia estar diante de uma situação dessas, então elaborei os protótipos. A resposta obtida depois da apresentação aos participantes confirma o fato. É bem provável que a empresa não estivesse compreendendo os motivos para disponibilizar capital humano, e tempo. E que isso só tenha acontecido no momento em houve sinalização (visível, comprovável) de uma solução (ou de que é possível haver uma).

## **ENCAMINHAMENTOS FUTUROS**

Acreditamos que as pesquisas em ergonomia de displays abram três possibilidades em pesquisas. A primeira trata da padronização das telas, com base em pesquisas e avaliações sistemáticas. A alternativa implica em primeiramente conhecer as tarefas, depois fazer levantamentos de todas as telas em uso, classificá-las, e analisá-las de forma similar às dissecções, dos estudos anatômicos. Dessa forma chegaríamos às variabilidades, naturais aos projetos, que impedem o cumprimento dos parâmetros. E também aos elementos fundamentais das interfaces. Esses seriam parâmetros sólidos, para o estabelecimento de um padrão aplicável.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa foi realizada tendo-se em foco o objetivo principal da ergonomia, a promoção da melhoria das situações de trabalho o adaptando ao humano. À penumbra desse, reside um objetivo secundário, um tanto pretensioso, possivelmente a mesma vontade secreta que motiva o ingresso de muitos à esta profissão chamada Ergonomia, a melhoria da qualidade de vida das pessoas.

A impressão de exagero que pode ser causada pela sentença anterior revela-se falsa quando nos lembramos do semblante do velho marceneiro, da costureira, do operador, do engenheiro, do professor, no momento em que descreviam sua técnica, ou o produto dela.

Dedicamos à profissão grande parte de nosso tempo, das 24 horas que nos são dadas, a cada dia, pela Criação, de 6 a 8 delas são dedicadas às funções profissionais. Isto é, a terça ou quarta parte de um dia.

Claro que há o retorno material (espera-se) de tal empenho, mas desse também se colhe a participação e o reconhecimento no grupo social, a auto-satisfação frente aos bons resultados, e por vezes a sensação de ter feito o correto, da melhor maneira possível.

Soma-se àquele cálculo temporal uma fração anterior de vida voltada para o aprendizado, também se pode, de forma cada vez mais freqüente, sobrepor períodos distintos para o trabalho e o treinamento dentro de um mesmo dia; Exigências da era da informação.

As interfaces com sistemas digitais são outras dessas novas demandas da contemporaneidade, quando a gênese dos meios digitais reclama a redefinição dos conceitos de tempo e espaço, por vezes não é mais necessário estar fisicamente para realizar. Face à substituição de paradigmas definidos na infância e vigentes até 10, 15 anos passados, muitas pessoas têm encontrado a sua frente, todos os dias o que inicialmente pode lhes parecer um inimigo, ou uma ameaça (como tudo o que é

desconhecido), os sistemas digitais, computadorizados, para suporte de seu processo de trabalho. Não é à toa que o termo amigabilidade já tenha sido empregado um dia para atributos que reduzissem essa estranheza.

A pesquisa por maneiras de adequar esses novos meios que se colocam entre o humano e seu trabalho, tem por finalidade ajudar a reduzir o estresse e insegurança desses novos tempos, mesmo que frente à magnitude e complexidade destes, essa contribuição seja na verdade, em tempo real, bem pequena.

## BIBLIOGRAFIA

AZEVEDO, G.P.; SIECKENIUS, C., “Enhancing the human computer interface of power systems application.”, *IEEE, Transactions on power systems*, v.11; n. 2; Maio, 1996. 1996

AZEVEDO MAIA,W.. *Sistema Integrado de Operação e Diagnóstico de Falhas Para Sistemas de Energia Elétrica*. Dissertação de M.Sc., UFSC, Santa Catarina, SC, Brasil. 1998

BAXTER, M., cap.3. *Projeto de Produto. Guia Prático para o Design de Novos Produtos*. São Paulo, SP. 2 ed. Edgard Blucher.1998

DANEELS, A. e SALTER, W.. “**What is SCADA?**” European Organization for Nuclear Research. Last Updated ,Dec 18. Copyright © CERN 2000. Disponível via web em: CNL Web home page URL: <http://cern.ch/ref/cnl>. 2000

FILGUEIRAS, L. “**APIS: Método para Desenvolvimento de Interfaces Homem-Computador em Sistemas de Segurança Visando a Confiabilidade Humana**”. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento. de Engenharia de Computação eSistemas Digitais; IEEE Reliability Society Human Reliability Committee - São Paulo SP. 1999

GUERREIRO e JUNIOR, B.L, 2001., “*Um Tutorial Na Web*” *Obtenção do Modelo da Integração A Partir Do Modelo Da Tarefa Com O Auxílio De Regras Ergonômicas*. In. Relatório Técnico RT DSC-002/2001. Universidade Federal da Paraíba - Departamento de Sistemas e Computação. Coordenação de Pós-Graduação em Informática. Campina Grande, Paraíba. Outubro, 2001.

GUERRERO, C. *MEDITE – Uma Metodologia Orientada a Modelos Para a Concepção de Interfaces Ergonômicas*. Dissertação de M.Sc., Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande – PB.2004

COUTAZ, J. 1990. *Interfaces Homme-Ordinateur – Conception et Réalisation*,Bordas, Paris.

ROBERT, J. M. “ **Problèmes liés à la tâche dans la conception des interfaces humains-ordinateur,Ecole Polytechnique de Montreal**”. WORKSHOP. Ciências Cognitivas e a Concepção de Sistemas de Informação, Florianópolis – SC, fevereiro, 1996.

SANTOS, R. “**Ergonomia e Usabilidade de Interfaces: Análise da Tarefa no Ciclo de Projeto de Interfaces para Interação Humano-Computador**”. Robson Luís Gomes dos Santos.” 1º Jornada de Pesquisa Científica e Tecnológica. LEUI - PUC-Rio. Rio de Janeiro, RJ. Agosto de 2003

SCAPIN, D. L. “**Guide Ergonomique de Conception des Interfaces Homme-Machine, Rapports Techniques**, Unité de Recherche INRIA - Rockencourt, France, 1986.

HEWETT. *Curricula for Human-Computer Interaction*. Cap.2. ACM 1992

HIX, D., HARTSON, H.R., *Developing User Interfaces: Ensuring usability through product and process* NY, Wiley. Chap. 2. Disponível via internet em: <http://ergo.human.cornell.edu/ahtutorials/interface.html>

HOPPE . *Three-Dimensional Displays as an Effective Visualization Technique for Power Systems Monitoring And Control* . In. Technical Report.AHFD-04-07/PSERC-04-1. Contract PSERC CORNELL WEI. Aviation Human. 2004

GREEN; SWETS. Signal detection theory and psychophysics. New York: Wiley (Reprinted in 1988, Los Altos, CA: Peninsula).

HARRIS at. CHANEY, 1969., Human factors in quality assurance. New York: Wiley. 1966

BELLENKES, WICKENS, KRAMER. Visual scanning and pilot expertise: The role of attentional flexibility and mental model development. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 68, 569-579. 1997

PARASURAMAN. Vigilance, monitoring, and search. In K. Boff, L. Kaufman, & J. Thomas (Eds.), *Handbook of perception and human performance*. Vol. 2: Cognitive processes and performance (pp. 43.1-43.39). New York: Wiley. 1986

YANTIS. Stimulus-driven attentional capture. *Current Directions in Psychological Science*, 2, 156-161. 2003

JEFFRIES, R. “User Interface Evaluation in the Real World: A Comparison of Four Techniques”. *Proceedings of CHI'91*, New Orleans, April 28 - May 3, 1991. Disponível via internet em: portal.acm.org. 1991

JORDAN, P. *Designing Pleasurable Products. An Introduction to the Human Factors*.1 Ed. London. Taylor and Francis. 2000

LEWIS; RIEMAN, J. *Task-Centered User Interface Design -A Practical Introduction*. Copyright ©1993, 1994.

NALVARTE, M. *Identifying Customer Experience Requirements for Usability within a Monitoring and Control Application User Interface*. Máster Thesis. School of Computer Science and Engineering, Royal Institute of Technology. Stockholm, Sweden. 2004.

SHNEIDERMAN, B. 1998. *Designing the user interface*. 3 ed. Addison Wesley. Boston, MA, USA.

DIX, A.; HARTSON. R. 1997. *Human-computer Interaction*. 2ned. Prentice Hall.

NANARD, J. 1990. *La Manipulation Directe en Interface Homme-Machine*, Thèse d'état, Université des Sciences e Techniques du Languedoc, décembre, 1990.

NIELSEN, J. 1995. “**Ten Usability Heuristics**”. *Papers and Assays*. Heuristic Evaluation. List of Heuristics. Disponível via internet em : <http://www.useit.com/>

NORMAN, D. 1983. *Usability Engineering*. 1 Ed. Academic Press, Boston, MA.

NORMAN, D. 1990. *The Design Of Everyday Things*. New York: Doubleday.

NORMAN, D. 2004. “**Affordances and Design**”. [www.jnd.org.](http://www.jnd.org/), essays. Disponível via internet em: [http://www.jnd.org/dn.mss/affordances\\_and.html](http://www.jnd.org/dn.mss/affordances_and.html).

PEDROSA, I. 1975. *Da Cor à Cor Inexistente*. Editora Leo Christiano 9 ed. Setembro, 1975.

RIERA; DEBERNARD. 2003. “Basic Cognitive Principles Applied” to the Design of Advanced Supervisory Systems for Process. Control. Part II. Capítulo 12. 255-305 In.

HOLLNAGEL. *Handbook of Cognitive Task Design*, 1 ed., New Jersey, London. 2003.

ROUSE, W. 1983. em RIERA e DEBERNARD, 2003. Models for Human Problem Solving: Detection, Diagnosis and Compensation for System Failure. *Automática*, 19, 613-625.

SMALLEY. 2003. Cognitive Factors in the Analysis, Design, and Assessment of Command and Control Systems. In. Part II, Capítulo 11. 223-254. In. HOLLNAGEL, *Handbook of Cognitive Task Design*. , 1 ed., New Jersey, London. 2003.

SANTOS, R. 2003. “**Ergonomia e Usabilidade de Interfaces: Análise da Tarefa no Ciclo de Projeto de Interfaces para Interação Humano-Computador**”. 1º Jornada de Pesquisa Científica e Tecnológica. LEUI - PUC-Rio - Laboratório de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces em Sistemas Humano-Tecnologia. Agosto de 2003.

SCAICO; TURNELL; PERKEUSCHI. “**Modelagem Da Navegação De Interfaces Com O Usuário De Sistemas De Automação Industrial.**” Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, Paraíba. Disponível em [http://www.dee.ufcg.edu.br/~lihm/home\\_english/V\\_SBAI\\_Scaico.pdf](http://www.dee.ufcg.edu.br/~lihm/home_english/V_SBAI_Scaico.pdf)

SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON. 2002 , *Administração da produção*. 2 Ed. Atlas S.A. São Paulo, SP.

SMITH; MOSIER. 1986. *Guidelines for Designing User Interface Software*. In: Report ESD-TR-86-278, The MITRE Corporation, Bedford, Massachusetts, USA. Prepared for Deputy Commander for Development Plans and Support Systems, Electronic Systems Division, AFSC, United States Air Force, Hanscom Air Force Base, Massachusetts. August, 1986. (Disponível via internet em: [http://www.userlab.com/Downloads/Smith\\_Mosier\\_guideline\\_.pdf](http://www.userlab.com/Downloads/Smith_Mosier_guideline_.pdf)).

TURNELL, 2004 “**Análise de Incidentes Industriais Baseada em Modelos**” In. *Congresso Brasileiro de Automatica, CBA*, Setembro.2004

VIDAL, M. C. R. 2003. *Guia para Análise Ergonômica do Trabalho (AET) na Empresa*. 1 ed. Cap.1. EVC. Rio de Janeiro, RJ.

ABREU, Y. V. 1999. *A Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro. Questões e Perspectivas*. Dissertação de M. Sc., Programa Interunidades de Pós Graduação em energia,. Universidade de São Paulo, São Paulo – SP.

WICKENS; HOLLANDS. *Engineering Psychology and Human Performance*. chap.1. Prentice Hall, 2000.

## Publicações especiais

*Energia A Essência dos Fenômenos*. Programa Pró Ciências – FAPESP. Curso on line para ensino de Física promovido pela CEPA-USP. SP. 2000. Energia – Disponível via internet em: <http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia2000/>

*Setor Elétrico Brasileiro - Informações Básicas*. In: Caderno de slides da ABCE – Associação Brasileira de Concessionárias elétricas. Setembro, 2005. Disponível via internet em: <http://www.abce.org.br/arquivos/setor.pdf>

CNI, Julho de 2001. *Efeitos do Racionamento de Energia Elétrica na Indústria*. In: Pesquisa especial da Confederação Nacional da Indústria. CNI. Julho, 2000. Disponível via internet em: <http://www.cni.org.br/produtos/infra/src/pes- racionenergia.pdf>

RICARDO, J. 2004. *Apresentação Inicial SCADA*. Caderno de Slides. Usina Hidrelétrica de Itaipu. Foz do Iguaçu, PR. Novembro, 2004.

GUEDES, A. 2005. *Redes para Automação Industrial*. Cap. 1: Automação Industrial- Evolução. Relatório Técnico. DCA-CT-UFRN. 2005.1

CORDEIRO, P.. *Desenho de Interfaces - Um Pouco de Teoria*. Fórum de discussão, disponível via internet em: <http://www.usabilidade.com/artigo.asp?id=172>.

Bosch.com.br – Perguntas Frequentes.  
<http://www.bosch.com.br/br/autopecas/produtos/baterias/faq.htm>

TORINO, C. *Is technological evolution always good for the firm and for me?*. Celso Torino. Caderno de Slides. Symposium Hydrovision. Toronto, Canadá. Agosto de 2004.

MELIOPOULUS, S. *New Techniques in Visualization and Animation of Power Systems and Components*. (Projeto em Andamento). Caderno de Slides. Slides 6, 17. Georgia Institute of Technology Atlanta, Geórgia.

## **Normas e Manuais**

Sistema SCADA/EMS - Critérios E Padrões de Telas. Aproveitamento Hidrelétrico de itaipu. Documentação Técnica.

Manual de Operação. ITAIPU SDSC 18 A. 6223-95-B4010-P. Última revisão, Fevereiro, 2005.

ISO 9241-11:1998. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) -- Part 11: Guidance on usability.