

Universidade Federal de Itajubá

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Wirllan Dorneles Rocha

Utilização do Design de Interação na Elaboração das Interfaces de Sistemas de Supervisão e Controle Aplicados à Operação do Sistema Elétrico de Potência.

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Sistemas Elétricos de Potência

Orientador: Prof. Dr. Robson Celso Pires

**Agosto 2017
Itajubá - MG**

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Robson Celso Pires pela orientação deste trabalho e pela confiança depositada em mim durante este processo.

Aos colegas do COS – Centro de Operação do Sistema da CEMIG GT em especial aos Despachantes da sala de controle e aos meus gerentes Henrique Siqueira de Castro e Luiz Eugênio de Araújo pelo incentivo e pela ajuda nos momentos necessários.

À minha família pela compreensão nos momentos de ausência e em especial à minha amada esposa Fabiana e à minha maravilhosa filha Maria Luísa.

Aos profissionais da CEMIG GT pelas informações históricas prestadas.

À Universidade Federal de Itajubá pela formação acadêmica durante o curso de especialização-CESE Transmissão.

À Universidade Federal de Uberlândia pela parceria nos projetos de P&D GT-462 e GT-411.

ÍNDICE GERAL

1	Introdução.....	14
1.1	Considerações gerais.....	14
1.2	Objetivos.....	15
1.3	Estrutura de apresentação	17
2	Design de Interface.....	19
2.1	A origem do design e suas influências.....	19
2.2	Design gráfico.....	22
2.3	Interação homem-máquina.....	24
3	Design de Interação.....	27
3.1	Conhecendo o design de interação.....	27
3.2	Por que envolver o usuário?.....	31
3.3	Usabilidade	34
3.3.1	Por que realizar testes de usabilidade?	37
3.4	Princípios básicos do design	38
3.4.1	Princípio da “Visibilidade”	38
3.4.2	Princípio da “Capacidade de Localização”	40
3.4.3	Princípio da “Aprendizagem”	42
3.5	Diretrizes de Design de Interface de Usuário	43
3.5.1	As 10 regras de ouro de Nielsen e Molich para design de interface e a avaliação heurística.....	43
3.5.2	Leis de <i>Gestalt</i>	51
3.6	Percepção visual e a percepção das cores	59
3.6.1	Entendendo o olho humano	59
3.6.2	Função das cores	61
3.6.3	O uso das cores no design.....	61
3.6.4	Percepção visual: visão e design.....	62

3.6.5	Visão e atenção	63
3.6.6	O uso de ícones	65
4	A Importância da Usabilidade.....	68
4.1	Simplicidade no design	68
4.2	Simplicidade na execução.....	70
4.3	Fragmentação.....	71
4.4	Chamando a atenção do usuário	72
4.5	Atenção seletiva.....	75
4.6	Consistência	76
5	Casos Reais de Falha de Design.....	79
5.1	O voo 92 da British Midlands.....	79
5.2	O navio USS Vincennes	81
5.3	O desastre nuclear da usina de <i>Three Mile Island</i>	83
6	A Integração do Design ao Usuário	86
6.1	Quais são as necessidades do usuário?	86
6.2	Como buscar projetos alternativos?.....	87
6.3	Como escolher entre vários projetos?.....	89
6.4	Integrando o Design Centrado no Usuário e outros modelos de ciclo de vida.....	91
6.4.1	Modelos de ciclo de vida	92
6.4.2	Os benefícios dos modelos de ciclo de vida	94
7	Aplicação do Design de Interação no Sistema de Supervisão e Controle do COS.....	97
7.1	A história do sistema de supervisão e controle da CEMIG GT	97
7.2	Envolvendo a equipe no desenvolvimento de telas e funcionalidades	101
7.3	A evolução do SSCD desde a sua criação até os dias atuais.	103
7.4	Principais telas e funcionalidades desenvolvidas pela equipe	106
7.4.1	Informação de equipamentos com bloqueio	106
7.4.2	Tela “Painel mímico – Transmissão”	112

7.4.3	Tela “Sequência de Unidades Geradoras”	115
7.4.4	Tela “SE Conselheiro Pena”	118
7.4.5	Tela “Controle de tensão”	120
7.4.6	Tela “Controle de Tensão/Potência São Gotardo 2”	123
7.4.7	Tela “Diagrama unifilar”	125
7.4.8	Tela “Diagrama unifilar SE Emborcação”	126
8	Aplicação da Avaliação Heurística no COS da Cemig para Avaliação da Interface Utilizada pelos Despachantes.....	129
8.1	As contribuições do P&D GT-462 – Desenvolvimento de uma metodologia para prevenção e tratamento de falhas humanas nos centros de operação da Cemig.....	129
8.2	Definição do método.....	130
8.3	Aplicação do método	132
9	O Uso das Novas Tecnologias e a Evolução das Interfaces de Operação.....	145
9.1	O P&D GT-411 – Desenvolvimento de ambientes virtuais representativos das subestações e usinas da Cemig associados a tecnologias de projeção 3D.....	145
9.2	A aplicação do P&D GT-411 no COS da Cemig	146
10	Conclusão	150
	Referências Bibliográficas.....	151

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquerda: Máquina criada por BUSH (Memex) e Direita: Periféricos demonstrados por Engelbart em 1968 (Fonte: Doug Engelbart Institute).....	22
Figura 2 – Primeiras interfaces gráficas (Fonte: site http://toastytech.com/).....	23
Figura 3 – Evolução das interfaces gráficas (Fonte: site http://toastytech.com/).....	24
Figura 4 – Esquerda: exemplo de interpretação equivocada da necessidade - Direita: concretização de ideia inicialmente incompreendida (Fonte: (Rocha & Pires, 2014)).....	29
Figura 5 – Interações do Design Centrado no Usuário (Fonte: site http://www.interaction-design.org).....	30
Figura 6 – Ciclo do Design de Interação (Fonte: (Oliveira, 2013)).....	31
Figura 7 – Cada indivíduo tem o modelo mental baseado nas suas experiências (Fonte: (Rocha & Pires, 2014)).....	32
Figura 8 – Conflito de modelos mentais (Fonte: (Oliveira, 2013)).....	33
Figura 9 – Objeto único, visões diversas (Fonte: (Rocha & Pires, 2014)).....	34
Figura 10 – Dimensões da experiência do usuário (Fonte: site http://www.interaction-design.org).....	35
Figura 11 – Bom exemplo do princípio da visibilidade (Fonte: site http://google.com.br).....	39
Figura 12 – Bom exemplo do princípio da visibilidade (Fonte: Windows 10 ©).....	41
Figura 13 – Bom exemplo de visibilidade do sistema (Fonte: SSC CEMIG).....	44
Figura 14 – Bons exemplos de feedback de conclusão ou progresso de ações (site http://www.interaction-design.org).....	44
Figura 15 – Bons exemplos de correspondência sistema-mundo real (Fonte: Microsoft Office 2013 © e site http://toastytech.com/).....	45
Figura 16 – Bom exemplo de controle e liberdade do usuário (Fonte: Microsoft Office 2013 ©).....	46

Figura 17 – Bom exemplo de controle e liberdade do usuário com representação consistente em várias telas (Fonte: SSC CEMIG)	46
Figura 18 – Exemplo ruim de consistência e padronização (Fonte: (Rocha & Pires, 2014)) ..	47
Figura 19 – Bom exemplo de prevenção de erros (Fonte: SSC CEMIG)	47
Figura 20 – Bom exemplo de reconhecimento de informações (Fonte: SSC CEMIG)	48
Figura 21 – Bom exemplo de flexibilidade e eficiência de utilização (Fonte: SSC CEMIG)..	49
Figura 22 – Bom exemplo de design estético e minimalista (Fonte: SSC CEMIG)	50
Figura 23 – Bom exemplo de reconhecimento de erros e bloqueios (Fonte: SSC CEMIG)....	50
Figura 24 – Exemplo da lei da “boa figura” (Fonte: site http://www.google.com.br)	52
Figura 25 – Exemplo da lei da similaridade (Fonte: site http://www.google.com.br)	53
Figura 26 – Exemplo da lei da proximidade (Fonte: site http://www.linguagemvisual.com.br/gestalt.php)	54
Figura 27 – Exemplo da lei da familiaridade (Fonte: site http:// www.interaction-design.org)	55
Figura 28 – Exemplo da lei do destino comum (Fonte: site http://www.google.com.br)	56
Figura 29 – Exemplo da lei dos elementos conectados (Fonte: site http://www.google.com.br)	57
Figura 30 – Exemplo da lei da sincronia (Fonte: site http:// www.interaction-design.org)	58
Figura 31 – Lei da região comum (Fonte: site http://www.google.com.br)	59
Figura 32 – Representação do olho humano (Fonte: site http://www.google.com.br).....	61
Figura 33 – Exemplo de interface ocupada (Fonte: site http://www.google.com.br)	65
Figura 34 – Utilização de ícones para representação de ferramentas e ações (Fonte: site http://www.google.com.br)	66
Figura 35 – Simplicidade X complexidade (Fonte: site http://www.google.com.br).....	68
Figura 36 – Exemplo de facilidade de execução (Fonte: site http:// www.interaction-design.org)	70
Figura 37 – Exemplo de introdução de dados fragmentados (Fonte: site http:// www.interaction-design.org)	71

Figura 38 – Destaque por assunto (Fonte: (38)).....	74
Figura 39 – Estudo de rastreamento ocular (Fonte: site http:// www.interaction-design.org) .	75
Figura 40 – Exemplo de falha de consistência (Fonte: SAP®).....	78
Figura 41 – Painéis antigos (esquerda) e novos (direita) do 737 (Fonte: site http:// www.interaction-design.org).....	80
Figura 42 – Válvula defeituosa do reator número 2 da usina nuclear (Fonte: site http://allthingsnuclear.org/dlochbaum/nuclear-plant-accidents-three-mile-island)	84
Figura 43 – Projetos alternativos (Fonte: site http:// www.interaction-design.org).....	88
Figura 44 – Tela inicial do SSCD na época da sua criação. (Fonte: (Castro, 2007)).....	98
Figura 45 – Tela inicial do SSCD atualmente. (Fonte: SSCD).....	98
Figura 46 – Acima: Diagrama unifilar em 2007. Abaixo: Diagrama unifilar 2017. (Fonte: SSCD, (Castro, 2007)).....	99
Figura 47 – Acima: Tela de alarmes em 2007. Abaixo: Tela de alarmes 2017. (Fonte: SSCD, (Castro, 2007)).....	100
Figura 48 – Exemplo de discussão de telas com a equipe. (Fonte: Reunião equipe 19/10/16)	102
Figura 49 – Exemplo de protótipo de baixa fidelidade para desenvolvimento de telas. (Fonte: Reunião equipe 19/10/16).....	102
Figura 50 – Telas para monitoramento da tensão em diversos barramentos controlados (Fonte: (SSCD, 2007) e SSCD, 2017)	103
Figura 51 – Telas para controle de tensão das unidades geradoras da UHE Emborcação. (Fonte: (SSCD, 2007) e SSCD, 2017)	104
Figura 52 – Telas para controle de geração das usinas operadas pelo COS. (Fonte: (SSCD, 2007) e SSCD, 2017).....	105
Figura 53 – Diagramas unifilares da SE Bom Despacho 3 e da SE Neves 1. (Fonte: SSCD, 2017).....	108
Figura 54 – Tabulares de proteção da SE Bom Despacho 3 e da SE Neves 1. (Fonte: SSCD, 2017).....	109

Figura 55 – Indicação de bloqueios na tela principal e no Painel Mímico - Transmissão. (Fonte: SSCD, 2017).....	110
Figura 56 – Indicação de bloqueios na tela de uma subestação (Fonte: SSCD, 2017)	111
Figura 57 – Informação sobre autonomia de restabelecimento (Fonte: IO CEMIG – SE Ouro Preto 2)	113
Figura 58 – Exemplos de indicação de falta de autonomia para restabelecimento (Fonte: SSCD, 2017).....	113
Figura 59 – Indicação de falta de autonomia para restabelecimento (Fonte: SSCD, 2017)...	114
Figura 60 – Primeira tela de controle de movimentação de unidades geradoras (Fonte: SSCD, 2017).....	115
Figura 61 – Tela “Sequência de Unidades Geradoras” modificação 1 (Fonte: SSCD, 2017)	116
Figura 62 – Tela “Sequência de Unidades Geradoras” modificação 2 (Fonte: SSCD, 2017)	117
Figura 63 – Telas “SE conselheiro Pena” antes da modificação (Fonte: SSCD, 2016).....	118
Figura 64 – Telas “SE conselheiro Pena” modificada (Fonte: SSCD, 2016).....	119
Figura 65 – Telas “Controle de Tensão” original (Fonte: SSCD, 2007).....	121
Figura 66 – Telas “Equipamentos de Controle de Tensão” separadas por autonomia e tipos de equipamentos (Fonte: SSCD, 2007)	122
Figura 67 – Telas “Controle de Tensão” individuais por tipos de equipamentos (Fonte: SSCD, 2017).....	122
Figura 68 – Tela “Controle de Tensão/Potência – SGOT2” informações sem separação (Fonte: SSCD, 2015).....	124
Figura 69 – Tela “Controle de Tensão/Potência – SGOT2” informações segregadas (Fonte: SSCD, 2015).....	124
Figura 70 – Informação “Áreas de atuação da operação” (Fonte: SSCD, 2016)	126
Figura 71 – Design criado aproveitando a tela anterior sem alterações significativas (Fonte: SSCD, 2016).....	127
Figura 72 – Design alterado com as alterações sugeridas pela equipe (Fonte: SSCD, 2016)	128
Figura 73 – Heurística violada e o número de citações (Fonte: P&D GT-462)	136

Figura 74 – Diagrama 2D da SE/Usina Emborcação (Fonte: SSCD 2017)	147
Figura 75 – Diagrama 3D da SE/Usina Emborcação – vista de cima (Fonte: SSCD 2017) ..	147
Figura 76 – Diagrama 3D da SE/Usina Emborcação – vista 3ª pessoa (Fonte: SSCD 2017)	148
Figura 77 – Diagrama 3D da SE/Usina Emborcação – vista 1ª pessoa (Fonte: SSCD 2017)	148
Figura 78 – Utilização do diagrama 3D no videowall (Fonte: Foto COS - 2016)	149
Figura 79 – Utilização dos óculos Rift para imersão (Fonte: Foto COS - 2016)	149

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela exemplo para Avaliação Heurística (Fonte: P&D GT-462)	132
Tabela 2 – Avaliação Heurística Grupo 1 (Fonte: P&D GT-462).....	133
Tabela 3 – Avaliação Heurística Grupo 2 (Fonte: P&D GT-462).....	134
Tabela 4 – Resumo do local de ocorrência e o número de citações (Fonte: P&D GT-462) ..	135
Tabela 5 – Heurística violada e o número de citações (Fonte: P&D GT-462).....	136
Tabela 6 – Heurística violada e o número de citações (Fonte: P&D GT-462).....	137
Tabela 7 – Avaliação de Usabilidade no SSCD (Avaliador 1) ((Fonte: P&D GT-462)	138
Tabela 8 – Avaliação de Usabilidade no SSCD (Avaliador 2) (Fonte: P&D GT-462).....	139
Tabela 9 – Avaliação de Usabilidade no SSCD (Avaliador 3) (Fonte: P&D GT-462).....	140
Tabela 10 – Avaliação de Usabilidade no SSCD (Avaliador 4) (Fonte: P&D GT-462).....	141
Tabela 11 – Avaliação de Usabilidade no SSCD (Avaliador 5) (Fonte: P&D GT-462).....	142
Tabela 12 – Avaliação de Usabilidade no SSCD (Avaliador 6) (Fonte: P&D GT-462).....	143
Tabela 13 – Gravidade Média por Local de Ocorrência (Fonte: P&D GT-462).....	144

RESUMO

Palavras-chave: **Design, interface, usabilidade.**

Esta dissertação apresenta um estudo das principais ferramentas de Design de Interação no desenvolvimento, especificação e manutenção das IHM – Interface Homem-Máquina utilizadas em subestações, usinas e centros de operação de sistemas elétricos de potência.

Design de Interação é uma das matérias do estudo do Design Centrado no Usuário e na Usabilidade de Sistemas que se utiliza da observação das experiências e de testes com usuários para desenvolver telas e aplicações com desenvolvimento ergonomicamente eficaz.

O que este trabalho quer apresentar como resultado é um método que potencialize as ideias das equipes de operação buscando-se assim mitigar erros de operação, que podem levar a riscos de segurança, blecautes, multas, etc. dando tratamento científico para o assunto na busca de interfaces mais amigáveis e eficazes e que sejam pautadas em recomendações já consolidadas no estado-da-arte.

A aplicabilidade na empresa passa pela visão da operação na especificação de sistemas de supervisão de controle, bem como na manutenção destes sistemas que invariavelmente requerem melhorias e demandam evoluções.

Além dos centros dos vários agentes que executam a operação da geração, transmissão e distribuição de energia, este trabalho aplica-se também às IHM locais, como subestações e usinas. Tais conceitos facilitam as ações das equipes de mantenedores que, cada vez mais, estão envolvidas na manutenção dos ativos e precisam de uma interface de operação que facilite a visualização das informações e minimize as possibilidades de erros.

Aliada a esta demanda de agregar melhorias à usabilidade dos sistemas de supervisão e controle, também é necessário apresentar maneiras de proporcionar aos operadores dos centros de operação maior clareza na interpretação das informações. Objetiva-se assim minimizar as possibilidades de falhas e ações de controle equivocadas neste processo. Conseqüentemente, permite-se aumentar a velocidade de tomadas de decisão e maximizar a segurança na operação do sistema. Assim, a eficiência na operação dos ativos é maximizada e o risco de diminuição da receita das empresas de geração, transmissão e distribuição por falha na operação é mitigado.

ABSTRACT

Key words: **Design, interface, usability**

This dissertation presents a study of the main Interaction Design tools in the development, specification and maintenance of HMI - Human Machine Interface used in substations, power plants and operation centers of power systems.

Interaction Design is one of the subjects of the study of User-Centered Design and Usability of Systems that uses the observation of experiences and tests with users to develop screens and applications with ergonomically effective development.

What this work wants to present as a result is a method that potentiates the ideas of the operation teams in order to avoid operating errors, which can lead to security risks, blackouts, fines, etc. giving scientific treatment to the subject in the search for more friendly and effective interfaces and that are based on recommendations already consolidated in the state of the art.

The applicability in the company goes through the vision of the operation in the specification of systems of supervision of control, as well as in the maintenance of these systems that invariably require improvements and demand evolutions.

In addition to the centers of the various agents that carry out the operation of generation, transmission and distribution of energy, this work also applies itself to local HMIs, such as substations and power plants. These concepts facilitate the actions of maintenance teams that are increasingly involved in the maintenance of assets and need an operating interface that facilitates the visualization of information and minimizes the possibility of errors.

Coupled with this demand to add improvements to the usability of the SSC, it is also necessary to present ways to provide operators of the operation centers more clarity in the interpretation of the information. The objective is to minimize the possibilities of mistakes and wrong control actions in this process. Consequently, it is possible to increase the speed of decision-making and to maximize the safety in the operation of the system. Thus, the efficiency in the operation of the assets is maximized and the risk of diminishing the revenue of the generation, transmission and distribution companies due to the failure of the operation is mitigated.

1 Introdução

1.1 Considerações gerais

Atualmente, as empresas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica têm buscado cada vez mais a otimização dos seus processos face às crescentes restrições impostas pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica e ao rígido controle da operação do sistema elétrico executado pelo ONS – Operador Nacional do Sistema. Na etapa final destes processos e provavelmente a mais crítica de todas as etapas está a operação do sistema elétrico de potência, que é executada pelos vários agentes do setor de energia e coordenada pelo ONS.

Esta operação busca, entre outras coisas, maximizar a disponibilidade dos equipamentos do sistema elétrico, garantir a segurança destes equipamentos, dos seres humanos e do meio ambiente, entregando a energia nas suas fronteiras com a quantidade, qualidade e confiabilidade necessários. Por outro lado, as questões econômicas têm afetado fortemente os agentes de operação, que precisam oferecer aos seus acionistas resultados de mercado condizentes com o investimento sem com isso comprometer as premissas citadas anteriormente na execução da operação. Com isso, uma das principais iniciativas das empresas para buscar a solução desta equação é a automação das instalações, subestações e usinas, executando a operação destes ativos de forma concentrada em centros de operação e de maneira remota.

Nesta operação, encontra-se a figura do Operador de Sistemas ou Operador de Instalações dependendo do nível hierárquico da operação, elemento essencial para a execução das atividades de tempo real e que suporta uma grande carga de responsabilidade e pressão na execução de suas atividades. Apesar de focar na operação remota de instalações, esta dissertação também se aplica perfeitamente aos operadores locais que vêm no decorrer dos anos acompanhando a transição da operação através de painéis físicos pela operação através interfaces digitais.

Em meio às ferramentas necessárias para a execução da operação do sistema, o SSC – Sistema de Supervisão e Controle é o principal elemento de interação do operador com o sistema elétrico e da capacidade da IHM – Interface Homem-Máquina de “conversar” com o usuário depende grande parte da segurança, agilidade e assertividade da operação.

Já há algum tempo percebe-se que algumas interfaces disponíveis no mercado, muitas vezes não atendem às necessidades e às expectativas do usuário final no que diz respeito à utilização da interface gráfica. Esse problema tem impacto direto no aumento do índice de

retrabalho da equipe e em alguns casos, pode acarretar em erros de interpretação e falhas na execução da operação pelo usuário. (Preece, Rogers, & Sharp, 2005) (Pressman, 2002)

Tendo em vista que a interface gráfica passou a ser um fator importante na utilização de sistemas de informática e que muitas equipes de desenvolvimento não conhecem e/ou não têm experiência com o dia a dia do operador, é preciso disseminar essas informações para que as interfaces possam ser obtidas de uma forma mais agradável e com boa usabilidade.

É claro que não é objetivo desta dissertação explorar todas as técnicas de design e concepção de interfaces, função que geralmente é do Designer de interfaces responsável pelo projeto. Contudo, é importante que o usuário final conheça algumas técnicas simples que ajudam a equipe a direcionar os esforços no sentido de tentar deixar claro para o desenvolvedor as suas necessidades e os requisitos desejáveis para o funcionamento correto da ferramenta.

Inicialmente será defendida a necessidade da participação do usuário final no processo de concepção, desenvolvimento e manutenção das IHM bem como as vantagens do envolvimento do operador no processo criativo das interfaces.

Depois, serão apresentadas algumas ferramentas de design que podem auxiliar os desenvolvedores e os usuários na tarefa de captação, desenvolvimento e implementação das reais necessidades dos usuários, nos vários momentos da operação, quais sejam, operação normal, operação em contingência, treinamento, etc.

Por fim, serão apresentados alguns exemplos de aplicação no sistema de supervisão e controle da CEMIG GT bem como seus benefícios.

1.2 Objetivos

Esta dissertação propõe-se a aplicar o olhar da engenharia na utilização do Design de Interação no desenvolvimento, especificação e manutenção das IHM utilizadas em instalações e centros de operação de sistemas elétricos de potência.

O Design de Interação é uma vertente do Design Centrado no Usuário e na Usabilidade de Sistemas cuja filosofia recomenda o desenvolvimento de projetos a partir da aplicação de conceitos baseados na observação das experiências e de testes com usuários. Sua aplicação visa a melhorar a relação homem-máquina, quer seja no desenho de telas, quer seja no desenvolvimento de funcionalidades e apresentação de informações nas telas utilizadas na operação.

As “máquinas” são extensões do ser humano, e o Design de Interação busca oferecer ao usuário a possibilidade de executar as ações requeridas com eficiência, rapidez, segurança e automatismo exigidos em situações nas quais estes quesitos são indispensáveis.

Quando a IHM de um sistema de supervisão e controle é construída, é primordial que a visão do usuário seja levada em conta e que suas necessidades sejam estudadas, buscando proporcionar a ele uma interface ergonomicamente desenvolvida.

Neste contexto, este trabalho busca apresentar a visão do usuário, com todas as suas necessidades, sobre o desenvolvimento de uma ferramenta tão importante para a operação do sistema elétrico tal como é um Sistema de Supervisão e Controle.

Apesar de parecer uma discussão distante das salas de controle, o assunto é de extrema importância para o desenvolvimento de ferramentas cada vez mais adequadas à operação de instalações do SEP – Sistema Elétrico de Potência, haja vista que esta função tem passado por uma grande transformação devido à crescente concentração da operação nos centros de operação, tornando a realização de tal prática essencialmente na forma remota. (Rocha & Pires, 2014)

A contribuição das equipes de operação na etapa de projeto, desenvolvimento e melhoria pode agregar ao produto final requisitos que, no olhar dos desenvolvedores, tendem a não ter a importância devida, mas que a experiência prática demonstra exatamente o contrário.

Sem aprofundamento ou estudos específicos, inconscientemente já exercitamos o Design de Interação no dia a dia quando sugerimos a alteração da cor de uma tela, um atalho para um item específico ou uma disposição de equipamentos em uma tela de maneira mais lógica.

O que este trabalho se propõe a apresentar como resultado é um estudo dos métodos de criação e desenvolvimento de interfaces buscando-se assim evitar erros de operação, que podem levar a falhas de segurança, blecautes, multas, etc. dando tratamento científico para o assunto na busca de interfaces mais amigáveis e eficazes e que sejam pautadas em recomendações já consolidadas no estado-da-arte. (Rocha & Pires, 2014)

O principal objetivo deste trabalho de mestrado é estudar e aplicar alguns dos conceitos e técnicas de desenvolvimento de interfaces no apoio e condução dos desenvolvimentos do sistema de supervisão e controle atual e do sistema futuro.

1.3 Estrutura de apresentação

No capítulo 2, está apresentada a origem do design e as suas influências na maneira como o ser humano interage com os meios físicos e digitais. Está abordada a evolução do design de telas desde as primeiras interfaces simples e monocromáticas até aquelas com informações animadas e em 3D.

No capítulo 3, são apresentados os principais conceitos e características do Design de interação e sua origem. Também está abordada a importância do envolvimento do usuário no desenvolvimento e avaliação das interfaces de usuário. Outra questão discutida neste capítulo é a Usabilidade apresentando as suas principais características e as vantagens da sua utilização. Apresenta-se também os princípios do design e as regras de Nielsen e Molich para o design de interface. Neste capítulo também é apresentada a avaliação heurística e as leis de Gestalt mostrando a importância da utilização destas ferramentas no desenvolvimento e avaliação de interfaces. Outra abordagem é a utilização das cores e da percepção visual na utilização amigável e eficaz de interfaces de interação.

No capítulo 4, é dado foco na Usabilidade e apresentada as várias abordagens necessárias para que seja garantida uma boa usabilidade para o usuário final.

No capítulo 5, são apresentados casos reais de falha de design que levaram a consequências desastrosas apresentando os impactos de apresentações visuais deficientes para uma utilização segura e eficaz.

No capítulo 6, apresenta-se o design centrado no usuário abordando algumas técnicas para avaliação das suas necessidades e apresentação de projetos alternativos. Apresenta-se também o conceito de Modelos de ciclo de vida, outra ferramenta para ajudar o desenvolvedor a entregar ao usuário uma interface consistente e viável.

No capítulo 7, após o levantamento bibliográfico e estudo dos principais tópicos que abordam a matéria, apresenta-se a avaliação e aplicação das técnicas investigadas no sistema de supervisão e controle usado na CEMIG.

No capítulo 8, são apresentados os resultados da aplicação da Avaliação Heurística, uma metodologia de análise de interfaces bastante conhecida que possibilita ao usuário avaliar e identificar pontos de falha e de melhorias nas telas ou sistemas.

No capítulo 9, apresenta-se um resumo dos estudos desenvolvidos pelo P&D DT-411 que trata do uso de interfaces em 3D e da realidade virtual nas salas de operação de sistemas elétricos.

No capítulo 10, são apresentadas as conclusões do trabalho de pesquisa e das aplicações no sistema de supervisão da Cemig GT.

2 Design de Interface

2.1 A origem do design e suas influências

O termo “Interface” tem uma série de significados diferentes, significados que foram ampliados com o advento das novas tecnologias, desde os computadores pessoais até os smartphones. Os usuários dessas novas tecnologias detêm o controle desses equipamentos através da utilização das IGU - Interfaces Gráficas de Usuário ou simplesmente Interfaces.

De acordo com o dicionário (Significado interface, 2016), a palavra interface significa:

1 - Ponto no qual um sistema de computação termina e um outro começa.

2 - Circuito, dispositivo ou porta que permite que duas ou mais unidades incompatíveis sejam interligadas num sistema padrão de comunicação, permitindo que se transfiram dados entre eles.

3 - Parte de um programa que permite a transmissão de dados para um outro programa.

Isso direciona as interfaces para a função de ponto de interconexão entre o usuário e a tecnologia, para um sistema de interação entre o homem e a máquina. O que explica, então, as funções de qualquer interface homem-máquina é a definição de sistemas.

Na definição clássica de sistema (Significado sistema, 2016) sob o foco da informática temos:

1 - Inter-relação de unidades, partes, elementos, etc., responsáveis pelo funcionamento de uma estrutura organizada.

2 - Conjunto de programas (elementos) que desempenham funções específicas.

Os elementos possibilitam a existência do sistema através das ações. É impossível que se chegue a um sistema integrado, sinérgico e interativo sem que os elementos estejam agindo e interagindo. As ações dos elementos surgem como o objeto mais importante para a existência do sistema. Portanto, pode-se redefinir sistema como o conjunto das ações de elementos que buscam um objetivo único e se comunicam sintetizando um todo organizado. (Braga, 2004)

Muito se fala sobre a profissão de designer em diversos campos, como, por exemplo, a moda, decoração e também o designer gráfico, mas pouca gente conhece o significado e importância dessa área de atuação.

A origem do design está intimamente ligada ao processo de tornar a articulação da imagem e do texto um meio transmissor de informação, com uma função bem definida e um apelo estético de utilização. É desta forma que, em algum momento da história da arte e do design, o observador começa a sofrer a sua primeira mudança na perspectiva do artista e começa a tornar-se usuário, pois foi a noção de funcionalidade aplicada à arte que fez surgir a atividade do designer. (Braga, 2004)

O termo design vem do inglês, tendo como base o latim *designare*, de *e signum* (marca, sinal) significando desenvolver, conceber. A expressão design surgiu no século XVIII, como tradução do termo italiano *disegno*, mas somente com o progresso da produção industrial e com a criação das *Schools of Design*, é que esta expressão passou a caracterizar uma atividade específica no processo de desenvolvimento de produtos e posteriormente de interfaces.

A adoção desta nomenclatura supõe que design signifique o planejamento de produtos para diferentes indústrias, sendo cada tipo de planejamento identificado pela indústria fim: design industrial para o projeto de produtos; design gráfico para o projeto de produtos gráficos; design de interface para a interação homem-máquina; design têxtil para o projeto de tecido, calçado ou vestuário e assim por diante. (Bonfim, 1995)

Projetar significa planejar, coordenar e articular todos os fatores que levam à elaboração do produto e seu uso, para quem se destina e os fatores simbólicos e culturais do mesmo, como também a sua técnica de produção. “Design é o processo de adaptação do entorno do objeto às necessidades físicas e psíquicas dos indivíduos da sociedade”. (Löbach, 2001)

A história do design não se mostra de maneira única e uniforme nos diferentes países em que se desenvolveu, até porque as características de desenvolvimento socioeconômicas e culturais de cada lugar imprimiram uma personalidade distinta aos profissionais ligados a esta área. No início, o design estava ligado à parte estrutural e ao funcionamento do produto e depois se enveredou na análise dos aspectos visuais e ao estilo do mesmo.

O designer arquiteto, por exemplo, é preocupado com valores sociais, com expressões linguísticas e considerações estéticas, ao passo que o designer engenheiro tem valores voltados para a melhoria técnica e econômica do produto, dominando os aspectos da produção e da tecnologia.

No início, estavam reunidas no mesmo indivíduo as ações de projetar e confeccionar o produto. A separação entre projeto e manufatura foi decorrente do crescimento do comércio no final da idade média, quando se iniciou a transição para uma organização industrial capitalista,

mas ainda baseada em métodos artesanais de produção quando surgiram na Europa grandes oficinas com o objetivo de atender as demandas das cortes, igrejas e dos comerciantes mais abastados.

A expansão constante do comércio criou atitudes competitivas entre as oficinas, obrigando-as a diferenciar seus produtos para atrair o interesse dos consumidores. Neste contexto, o design passou a ser visto como uma novidade capaz de impulsionar vendas, adquirindo grande importância para o mundo capitalista.

Com a revolução industrial inglesa, as manufaturas tinham o cuidado de produzir mercadorias esteticamente aprovadas pelo gosto da aristocracia. Tudo o que a aristocracia gostava era logo copiado pela classe burguesa, e as classes mais humildes, por sua vez, copiavam a burguesia.

No início do século XX surge uma reação contrária à ornamentação e ao vínculo formal dos produtos industriais aos estilos artísticos. Na busca de formas estéticas e um fundamento lógico que correspondesse de modo mais adequado e expressivo à natureza tecnológica do mundo moderno, muitos designers voltaram-se para as máquinas, instrumentos e produtos da indústria como exemplos de suas teorias.

Com a ideia da funcionalidade, o design passa a se preocupar com a viabilidade técnica dos produtos de um ponto de vista racional, pois torna-se primordial a otimização de materiais e processos produtivos. (Manzini, 1993)

Atualmente, o design contribui principalmente com a redução dos custos, minimização de riscos e criação e disponibilização de produtos (físicos ou digitais) que facilitem a vida das pessoas sem esquecer a importância estética, ou seja, criar coisas funcionais e agradáveis.

Há um mercado consumista onde há inúmeros aparelhos com as mesmas funcionalidades e preços. Por isso, hoje em dia o design é um fator decisivo no sucesso ou fracasso de um produto. Assim como um design bem pensado desperta o desejo dos consumidores e usuários, um design pobre e mal feito gera uma repulsa enorme além de poder inserir nos processos fatores de insegurança, lentidão e desinteresse pelo uso.

Um bom investimento (de tempo e recursos) no design de um produto, sistema ou interface, pode apresentar em curto prazo um gasto relativamente alto, que pode parecer desnecessário, mas em médio prazo se mostra um investimento de alto retorno, uma vez que o produto vai apresentar soluções voltadas para a usabilidade, economicidade e atratividade.

2.2 Design gráfico

A maneira como os seres humanos interagem com os computadores sempre foi uma preocupação da indústria da informática. Durante um grande período, essa interação passou da linha de comando, em modo texto, para *desktops* em três dimensões e *softwares* que aceitam comandos por voz ou gestos com o propósito de facilitar e tornar mais intuitiva a utilização das máquinas.

Como boa parte das tecnologias existentes, a ideia de uma interface gráfica começou muito tempo antes de possuímos a tecnologia necessária para implementá-la. Uma das primeiras pessoas a pensar nesta possibilidade foi o engenheiro, inventor e político Vannevar Bush que criou uma máquina chamada de Memex. Esta máquina era capaz não apenas de armazenar informações, como também de relacioná-las e oferecer uma maneira fácil de procurá-las em meio a tantos dados (Figura 1).

O engenheiro eletricitista Douglas Engelbart iniciou as demandas pelo uso dos computadores para aumentar o intelecto humano. Ele acreditava que, com o uso de periféricos e das informações dispostas em uma tela, o usuário poderia se organizar de maneira gráfica e pular de uma informação para outra, quando necessário.

Em 1962, as antigas interfaces em modo texto, com comandos executados em tempo real, eram consideradas “de outro mundo”, já que os computadores eram operados com cartões perfurados e demoravam horas ou dias para entregarem o resultado do processamento.

Em 1968, Engelbart demonstrou o potencial dos computadores e de alguns dispositivos de entrada. Entre os “periféricos”, estava uma caixa retangular, com três botões na parte de cima e conectada ao computador por um cabo: era um dos primeiros modelos de mouse da história (Figura 1).



Figura 1 – Esquerda: Máquina criada por BUSH (Memex) e Direita: Periféricos demonstrados por Engelbart em 1968 (Fonte: Doug Engelbart *Institute*)

Em 1974, a linguagem de programação e o ambiente de desenvolvimento já possuíam uma interface gráfica diferenciada e aspectos mais modernos. A grande inovação foram as “janelas”, que possuíam bordas e barras de títulos que permitiam a identificação e o reposicionamento delas. O conceito de ícones também surgiu na mesma época, assim como o menu de contexto (menu flutuante acionado com o segundo ou terceiro botão do *mouse* que permite acessar rapidamente as opções relacionadas ao objeto selecionado pelo cursor). Neste mesmo período, também foram apresentadas as barras de rolagem, as caixas de diálogo e os botões de opções (Figura 2).

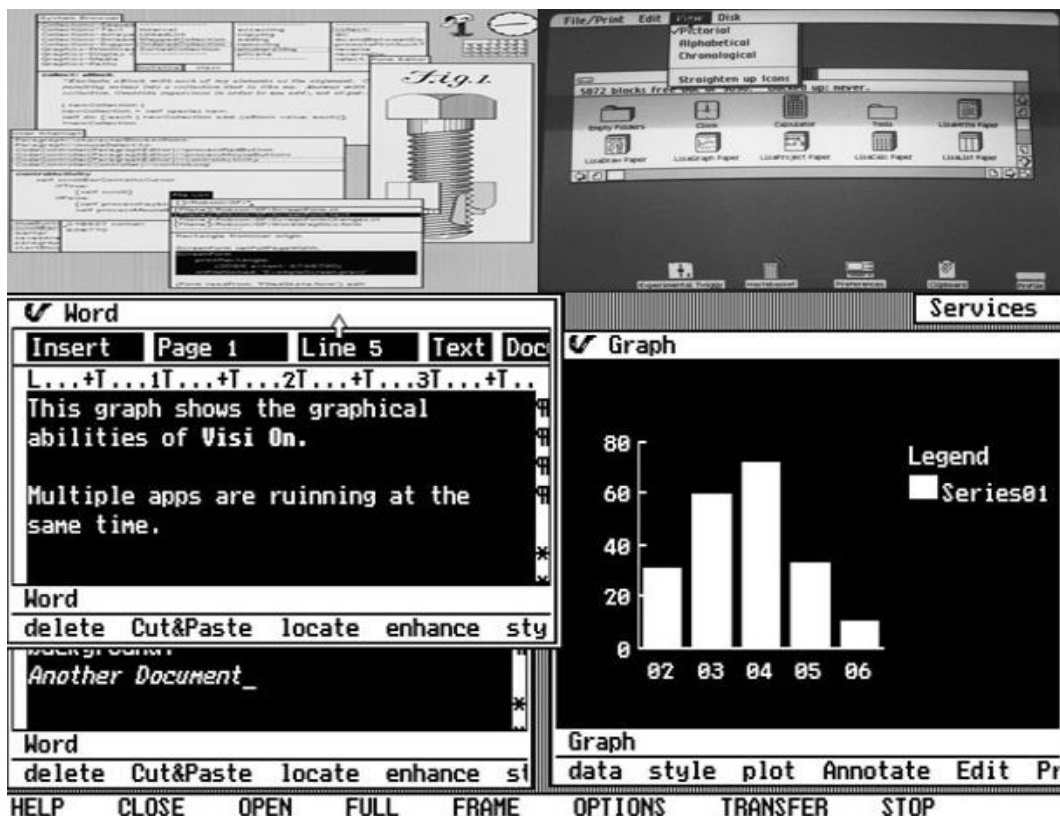


Figura 2 – Primeiras interfaces gráficas (Fonte: site <http://toastytech.com/>)

Durante os anos 90, duas empresas se destacaram diante da agressividade do mercado: a Microsoft© e a Apple©. Elas continuaram inovando apresentando janelas que podiam ser redesenhadas rapidamente, de maneira imperceptível aos olhos, com efeitos de animação e de sombra.

Nos últimos anos as interfaces ganharam suporte a telas *touchscreen* e *multi-touch* além de inúmeros recursos de visualização e interação em 3D. Os recursos 3D e o uso da imersão através da realidade virtual são as últimas grandes revoluções das interfaces gráficas, que também já estão sendo usados nas aplicações de sistemas industriais e de operação (Figura 3).

Estas inovações no campo da informática, principalmente focadas no design gráfico também chegaram às interfaces de operação e como será demonstrado nos capítulos seguintes estão sendo amplamente empregadas no desenvolvimento de telas mais interativas, seguras e ágeis indo ao encontro das atuais necessidades das equipes de operação.



Figura 3 – Evolução das interfaces gráficas (Fonte: site <http://toastytech.com/>)

2.3 Interação homem-máquina

As máquinas ou ferramentas podem ser consideradas como extensões do corpo humano e comumente se apresentam como extensões de membros que as manipulam. A bicicleta por exemplo, é uma extensão das pernas. Alinhado a este pensamento, o computador pode ser considerado uma extensão das mãos ou dos dedos, vindo daí a origem do termo digital.

A história do computador é também a história das primeiras máquinas de calcular. Dedos, do latim *digitus*, e pequenas pedras, do latim *calculus*, constituindo os utensílios originais, isto é, extensões que permitiram ao *homo sapiens* efetuar operações aritméticas fora da mente. (Cantoni, 2001) (Braga, 2004)

As máquinas de calcular poderiam ser consideradas como a extensão do cérebro. As operações matemáticas sendo realizadas por uma máquina com funcionamento automático

começaram em 1642, com Blaise Pascal que construiu a Pascalina, uma máquina de calcular para auxiliar o trabalho em seu escritório de coleta de impostos. Anos depois o inglês Charles Babbage projetou a “Máquina de Diferenças” e a “Máquina Analítica”. Sua Máquina Analítica dispunha de características interessantes como um dispositivo de entrada, armazenamento de números para processamento, um calculador numérico, uma central de controle para organizar as tarefas e um dispositivo de saída.

Esta configuração se assemelha ao funcionamento de um computador moderno, pois se baseava em um processo de três fases: entrada, processamento e saída de dados. Um computador também está baseado na mesma tríade. Contudo, o computador é uma ferramenta multitarefa, já que os dados que entram e saem não são apenas números de operações matemáticas.

A capacidade do computador em causar a revolução digital está no fato dele transformar números em informação. Neste contexto, desempenhando o papel de uma ferramenta multitarefa, as extensões que o computador pode desempenhar são múltiplas, desde uma máquina de escrever aos softwares de edição de texto ou a comunicação entre pessoas distantes meio mundo uma das outras.

O grande diferencial de um computador para o ser humano é que seu usuário não tem a necessidade de compreender os cálculos que o computador realiza, apenas inserir os dados e retirar outros.

Um computador “pensa” através de minúsculos pulsos de eletricidade, que representam um estado “ligado” ou um estado “desligado”, um 0 ou um 1. Os seres humanos pensam através de palavras, conceitos, imagens, sons, associações. Um computador que nada faça além de manipular sequências de zeros e uns não passa de uma máquina de somar excepcionalmente ineficiente. Para que a mágica da revolução digital ocorra, um computador deve também representar-se a si mesmo ao usuário, numa linguagem que este compreenda. (Johnson, 2001) (Braga, 2004)

No campo da interface, o ponto de vista do ser humano é priorizado, quando o designer de interface faz uso da metáfora de uma tecnologia ou de um ambiente que o usuário final já dominava antes de ter essa experiência digital. É por essa razão que é comum encontrar no meio digital uma série de termos para identificar determinados programas que funcionam através de interfaces com nomes de ambientes e tecnologias conhecidas por todos, até mesmo por quem

nunca utilizou um computador: “salas de bate-papo, correio eletrônico, loja virtual”, buscando sempre uma familiarização do sistema com o mundo real.

Esta associação permite que o usuário interaja com o computador, formando um sistema, da mesma maneira que esse usuário forma um sistema fora do computador. A ação que o usuário realiza no computador é, na visão dos sistemas, idêntica à ação realizada no mundo físico, a partir do momento em que ele manipula símbolos para resolver problemas (estendendo a noção de problema para qualquer tarefa ainda não realizada).

Se o computador “pensa” em simultaneidade com o homem, o ponto de interconexão entre os dois, a interface, é o meio através do qual o sistema permite que homem e máquina se tornem um só, agindo em conjunto para o cumprimento de uma determinada tarefa. Acessando a informação no computador da mesma maneira que acessa a sua mente, o homem busca uma eficiência e rapidez similar. Esta busca por eficiência similar ao acesso à mente encaminhou os primeiros designers de interface a uma comparação com os sentidos humanos, tendo em vista o ideal a ser priorizado em uma interface dentro do seu ambiente. (Braga, 2004)

O conceito de ambiente está muito associado ao conceito de realismo e tridimensionalidade, pois é a maneira através da qual o ser humano interage visualmente com seu meio. No caso de uma interface, a interação entre o homem e a máquina acontece de acordo com a definição de sistema homem-tarefa-máquina. Os elementos do sistema são as ações. Nesse caso, a ação do usuário, ao utilizar um computador, deve ser que a interface disponibilize a realização da tarefa de maneira mais eficiente. Para isso ocorrer, em muitos casos, é necessário criar um ambiente metafórico e não uma reprodução do mundo físico, para que o entendimento do usuário venha em primeiro lugar, antes da sua identificação com o mundo. (Radfahrer, 1999)

O termo interface é aplicado normalmente àquilo que interliga dois sistemas. Adicionalmente, considera-se que uma interface homem-máquina é a parte de um artefato que permite a um usuário controlar e avaliar o funcionamento deste artefato através de dispositivos sensíveis às suas ações e capazes de estimular sua percepção. No processo de interação usuário-sistema a interface é o combinado de *software* e *hardware* necessário para viabilizar e facilitar os processos de comunicação entre o usuário e a aplicação. A interface entre usuários e sistemas computacionais diferencia-se das interfaces de máquinas convencionais por exigir dos usuários um maior esforço cognitivo em atividades de interpretação e expressão das informações que o sistema processa. (De Sousa, Leite, Prates, & Barbosa, 1999)

3 Design de Interação

3.1 Conhecendo o design de interação

De maneira geral, o conceito básico de Design de Interação pode ser estabelecido como sendo “O desenvolvimento de produtos interativos que fornecem suporte às atividades cotidianas das pessoas, seja no lar ou no trabalho, criando experiências que melhorem e estendam a maneira como as pessoas trabalham, se comunicam e interagem”. (Rogers, Sharp, & Preece, 2013)

O objetivo principal do design de interação aplicado aos sistemas de informática é auxiliar no desenvolvimento de sistemas computacionais que sejam: mais usáveis, mais seguros e funcionais e mais aderentes às expectativas dos usuários, proporcionando a eles dessa forma, maior produtividade, efetividade e facilidade na realização de suas tarefas. (Oliveira, 2013)

Uma analogia bastante didática pode ser estabelecida observando-se as ações dos arquitetos e dos engenheiros civis nos processos relativos à construção de uma casa. Os engenheiros estão focados nas questões relacionadas à realização do projeto, o que inclui aspectos práticos, como custos, durabilidade, aspectos estruturais, aspectos ambientais, regulamentações contra incêndio e métodos de construção, por exemplo.

Já os arquitetos estão preocupados com as pessoas, suas interações e o ambiente da casa. Por exemplo, existe proporção correta entre áreas privadas e sociais? As áreas para cozinhar e para fazer as refeições estão próximas? As pessoas utilizam os espaços projetados da maneira para a qual foram pensados? Analogamente, podemos considerar que o responsável pelo design de interação está para o arquiteto assim como a engenharia de software está para o engenheiro civil. (Rogers, Sharp, & Preece, 2013)

No passado, as pessoas que desenvolviam sistemas interativos tinham sua preocupação voltada primordialmente para a tecnologia que tornava estes sistemas possíveis e viáveis. A interface, que permite que as pessoas usem estes sistemas, era uma questão secundária. Só que um sistema não se completa sem que as pessoas efetivamente consigam usá-lo.

No início da década de 80 a Usabilidade e o Design de Interação surgem como formas de se avaliar e conceber – de maneira objetiva, seguindo métodos e estruturas – a interação entre pessoas, artefatos e instituições e sugerir soluções para melhorar esse processo. Estas novas metodologias foram desenvolvidas inicialmente a partir das teorias de Fatores Humanos, Ergonomia, Psicologia e Engenharia Cognitiva.

De acordo com a literatura clássica, Usabilidade é o termo que define o grau de facilidade de uso de um produto ou serviço. A Usabilidade e o Design de Interação caminham de maneira intimamente integrada e oferecem técnicas, métodos e práticas que visam avaliar a facilidade de uso e a utilidade de produtos sob a perspectiva do usuário.

O campo de estudo com foco na experiência do usuário se concentra em maximizar os aspectos prazerosos, satisfatórios, motivadores, eficientes e produtivos de se usar um produto ou software. Por exemplo, ao usar um dispositivo físico, como um mouse de computador, o usuário gosta de olhar, sentir e segurá-lo? Será que ele se encaixa confortavelmente na sua mão ou é muito grande e pesado? O peso afeta sua capacidade de movê-lo como ele gostaria? Ele pode usá-lo inconscientemente ou está sempre consciente de sua presença quando o usa para cumprir seus objetivos?

Da mesma forma, quando alguém está usando um produto virtual, como uma aplicação de computador, ela é agradável de olhar? O usuário pode navegar através da interface intuitivamente? Existem pistas suficientes para ajudar a orientá-lo para o seu objetivo? Os aspectos importantes de uma tarefa são visíveis à medida que são necessários? Uma resposta positiva para estas perguntas, pode mostrar a amplitude da experiência do usuário e quantos aspectos de um projeto podem afetar o seu prazer, satisfação, motivação e produtividade ao interagir com um produto, sistema ou serviço.

A utilização da experiência do usuário abrange muitas disciplinas diferentes, tais como design visual e sonoro, interação homem-computador, arquitetura de informação e design de interação. Cada uma dessas perspectivas de projeto apresenta o processo de produção de sistemas e dispositivos para usuários, com a intenção de garantir que a experiência interativa seja tão simples, eficiente, precisa e agradável quanto possível.

A experiência do usuário pode ser definida como "as percepções e respostas de uma pessoa que resultam do uso ou uso antecipado de um produto, sistema ou serviço". (ABNT, 2011) Embora o termo "experiência do usuário" seja geralmente aplicado às emoções positivas, neutras e negativas sentidas ao interagir com sistemas de computador e interfaces de usuário, é igualmente aplicável a qualquer outra instância em que produto, objeto ou serviço é usado por um ser humano.

São características principais do Design de Interação:

- Necessidade de focar no usuário;
- Objetivos específicos da experiência identificados, documentados e acordados no início do projeto;
- Refino da proposta inicial com base em respostas de usuários e de clientes.

Executar Design de Interação não implica simplesmente em perguntar ao usuário: Do que você precisa? Algumas vezes o usuário sabe o que quer mas precisa de um catalizador para dar vida ao seu desejo de maneira funcional e objetiva (Figura 4).



Figura 4 – Esquerda: exemplo de interpretação equivocada da necessidade - Direita: concretização de ideia inicialmente incompreendida (Fonte: (Rocha & Pires, 2014))

É necessário identificar as necessidades e estabelecer requisitos, verificar as soluções existentes e desenvolver soluções alternativas. O ser humano tende a apegar-se a suas ideias e o Design de Interação busca, a partir das interações desenhar um produto que atenda às necessidades de maneira simples e criativa utilizando os critérios de usabilidade.

O diagrama de Venn apresentado a seguir (Figura 5) mostra como o Design de Interação está no foco do design centrado no usuário demonstrando sua importância para o processo de desenvolvimento de interfaces.

A experiência do usuário baseia-se em um conjunto de conhecimentos, ferramentas e experiências que estão, em sua maioria, envolvidos com o design de interação.

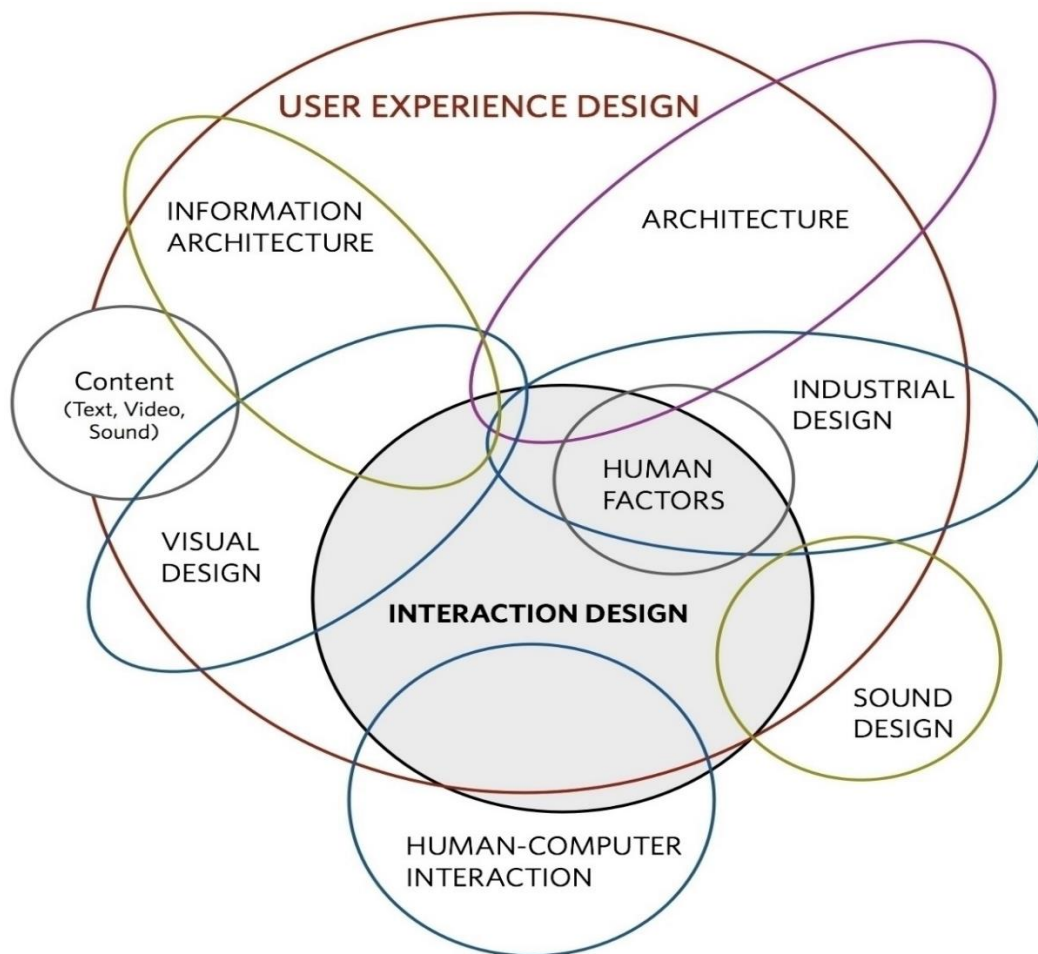


Figura 5 – Interações do Design Centrado no Usuário (Fonte: site [http:// www.interaction-design.org](http://www.interaction-design.org))

Falar em Design de Interação, é falar do processo de concepção e desenvolvimento de produtos e serviços interativos. Para se fazer isso, há diferentes vertentes e orientações metodológicas. Fazer Design de Interação não é seguir um manual de instruções. No entanto, quase todas estas vertentes metodológicas são derivadas no Design Centrado no Usuário e se inspiram no “Ciclo Iterativo de Design”, que consiste em estudar e sistematizar as variáveis, planejamento, design, teste e avaliação final em relação aos requisitos.

Durante a concepção de uma nova tela ou o desenvolvimento de um novo aplicativo ou até mesmo a proposta de alteração de uma interface, a equipe provavelmente precisará de ferramentas para direcionar e organizar todas as ideias e sugestões. O ponto de partida pode ser o entendimento do Ciclo do Design (Figura 6). (Oliveira, 2013)

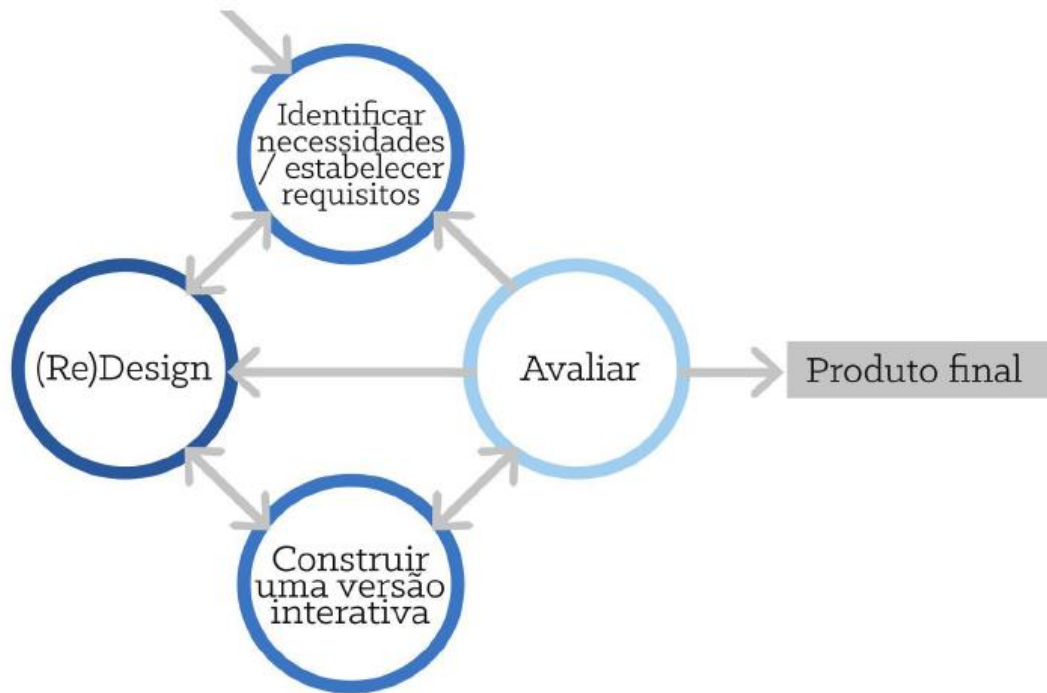


Figura 6 – Ciclo do Design de Interação (Fonte: *Oliveira, 2013*)

Basicamente, acompanhar o Ciclo do Design significa definir o que se deseja daquela interface, estabelecendo qual a função da tela e os seus requisitos para funcionamento. Em seguida propor uma versão inicial ou partir de uma versão já existente de tal maneira que as várias opiniões sejam ouvidas e organizadas. No passo seguinte, deve-se avaliar o resultado do produto retornando ao ciclo sempre que necessário. Isto pode ser feito de algumas maneiras. Nos próximos capítulos serão apresentadas algumas ferramentas que suportam esta avaliação e buscam, de maneira simples, garantir o desenvolvimento do trabalho baseado nas metas de usabilidade.

3.2 Por que envolver o usuário?

Envolver o usuário no processo de criação ou melhoria de uma interface, uma tela ou uma funcionalidade agrega ao produto final a expertise dos usuários mais antigos e o frescor de ideias das equipes mais novas. Além disso, possibilita um número de sugestões que agrega qualidade ao processo de desenvolvimento.

De maneira geral, as equipes de desenvolvimento têm a habilidade e os conhecimentos técnicos para a organização das ideias e materialização dos desejos. Contudo, somente o usuário final é quem conhece todas as dificuldades enfrentadas e os atalhos necessários para o atingimento do objetivo. Este envolvimento é conhecido como Design Centrado no Usuário.

O Design Centrado no Usuário é uma filosofia ou abordagem de design que acredita que os usuários reais e seus objetivos, e não apenas a tecnologia envolvida, devem ser os elementos norteadores de qualquer esforço para o desenvolvimento de serviços ou produtos.

Os princípios do Design Centrado no Usuário são:

- Foco em usuários e tarefas desde os momentos iniciais do projeto;
- Medição e validação empírica;
- Interação.

Pode-se pensar, então, em Design Centrado no Usuário por uma questão muito simples: o desenvolvedor tem uma visão do processo diferente do usuário. Em se tratando de sistemas interativos o seu entendimento é bem diferente do entendimento dos usuários. Isso porque estes personagens possuem modelos mentais diferentes (Figura 7).

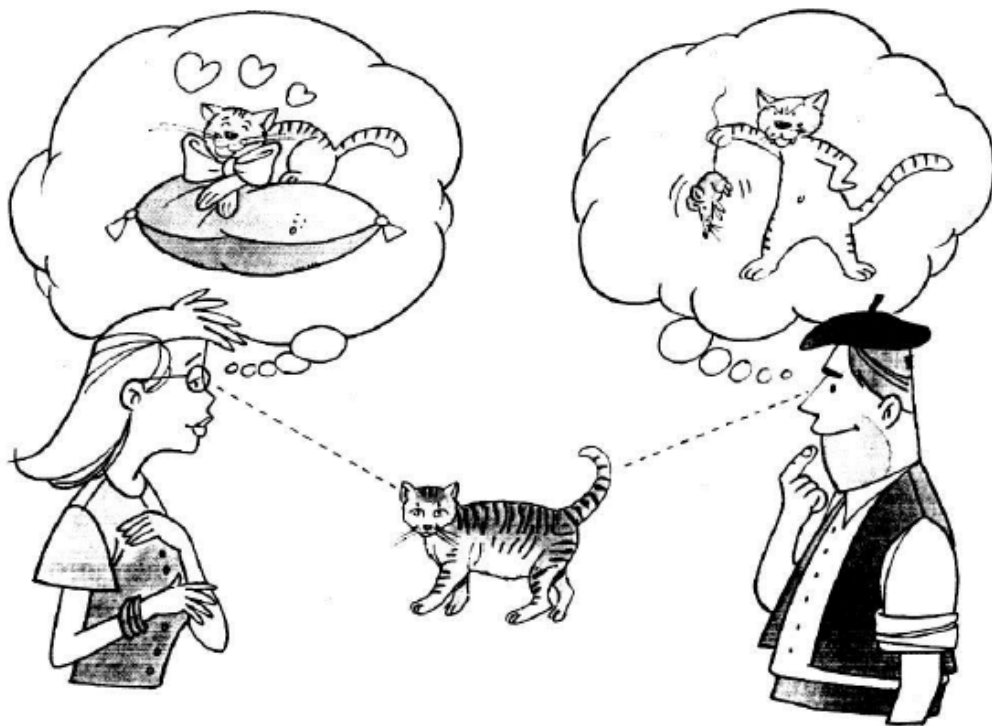


Figura 7 – Cada indivíduo tem o modelo mental baseado nas suas experiências (Fonte: (Rocha & Pires, 2014))

O desenvolvedor, por causa de sua experiência, envolvimento ou conhecimento sobre o projeto e o produto, conhece as técnicas, métodos e ferramentas com mais profundidade que os usuários. Por outro lado, o usuário possui o *feeling*, a vivência das atividades e conhece profundamente as dificuldades e necessidades para que se possa melhorar o seu processo produtivo. Com isso, se o desenvolvedor apresentar as soluções baseado apenas na sua compreensão técnica corre-se sérios riscos de desapontar os usuários.

Os usuários, portanto, têm modelos mentais diferentes dos desenvolvedores e até mesmo entre si (modelos mentais são representações internalizadas, particulares a cada indivíduo ou grupo de indivíduos, sobre como as coisas são e devem funcionar). Como os modelos mentais são diferentes, é preciso conhecer como o usuário se comporta e quais são as suas demandas para depois de compreender seu modelo mental, construir uma proposta para um sistema interativo. (Oliveira, 2013)

Esta proposta normalmente leva o nome de modelo conceitual e recebe influência de nossa interpretação das coisas (nosso modelo mental) e a compreensão de como o usuário interpreta o mundo ao seu redor (modelo mental dele) (Figura 8).

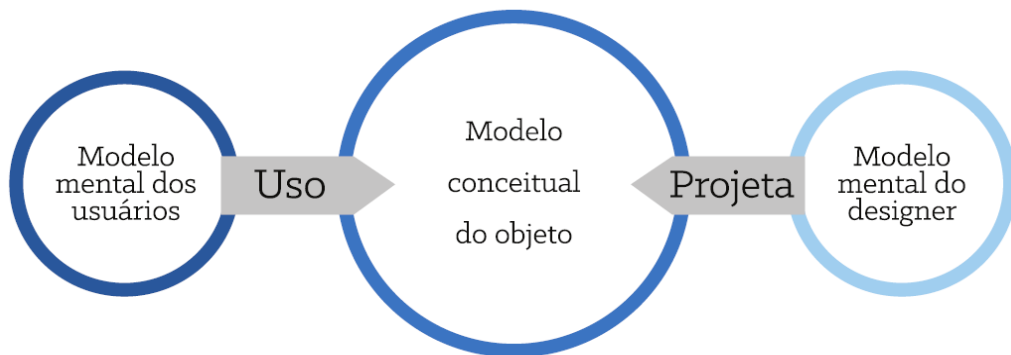


Figura 8 – Conflito de modelos mentais (Fonte: (Oliveira, 2013))

É claro que este método traz inconvenientes. Muitas pessoas juntas podem, de alguma maneira, ter pensamentos muito divergentes, conturbando o ambiente de discussão. Por isso da necessidade de haver algum mediador que domine as técnicas para conseguir direcionar os trabalhos, filtrar todas as informações e traduzir os desejos em produtos. Mas será que isso é mesmo um inconveniente? A opinião de apenas uma parcela da população envolvida pode gerar uma visão míope do problema e levar a uma solução apenas parcial. Portanto, nos processos de desenvolvimento coletivo a participação de um grupo representativo é a garantia de que vários ângulos serão vistos na construção da melhor solução (Figura 9). (Rocha & Pires, 2014)

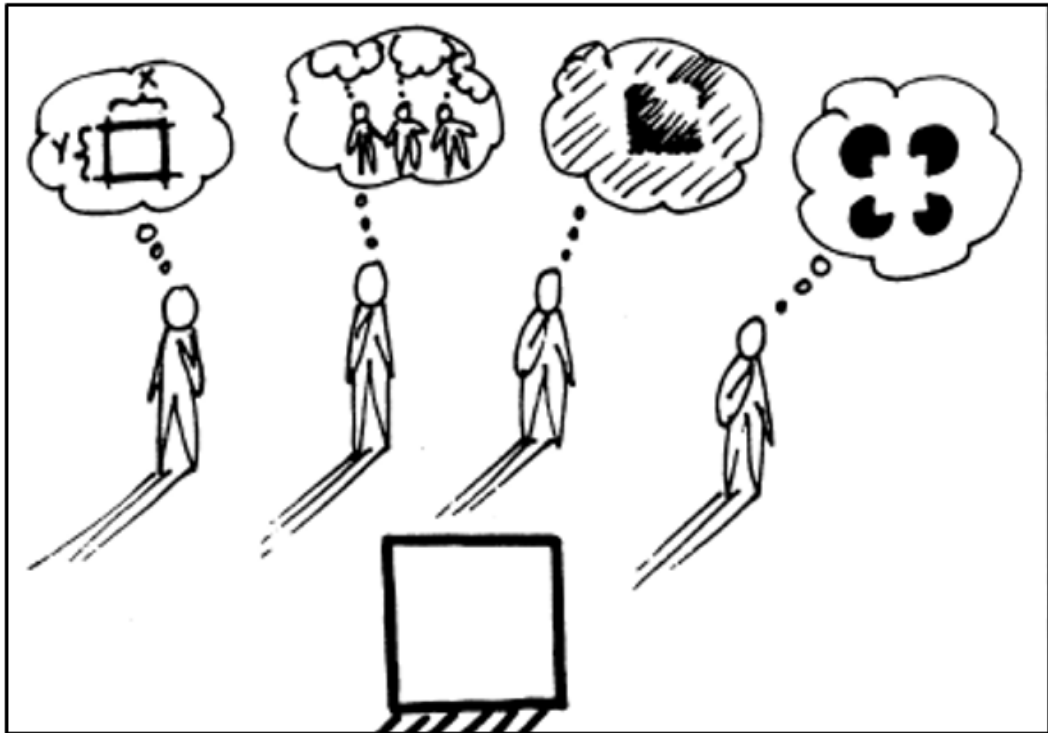


Figura 9 – Objeto único, visões diversas (Fonte: (Rocha & Pires, 2014))

3.3 Usabilidade

A usabilidade está no cerne da experiência do usuário. Uma usabilidade deficiente pode levar os usuários a baixa produtividade, falhas e até mesmo boicote podendo até custar prejuízos à empresa.

Usabilidade basicamente representa a facilidade de se usar um determinado produto. A organização de padrões internacionais define usabilidade como a eficiência, eficácia e satisfação com a qual usuários específicos podem alcançar seus objetivos em ambientes particulares, segundo a norma internacional ISO (*International Standard Organization*) identificada como ISO DIS 9241-11. (ABNT, 2011)

A usabilidade pode ser medida em função de um número de dimensões diferentes. Satisfazer estas dimensões pode fazer a experiência do usuário melhor. Testes envolvendo usuários reais apresentam uma abordagem relativamente barata para identificar e eliminar problemas de projeto. Os ganhos associados a uma abordagem centrada no usuário podem revelar-se enormes para as empresas, uma vez que pode ser a diferença entre usuários que aderem a um dispositivo/sistema ou que o utiliza de maneira desinteressada e com risco agregados.

A experiência do usuário abrange uma série de diferentes dimensões (Figura 10). No entanto, enquanto o “olhar” e o “sentir” são importantes para a experiência do usuário, talvez a dimensão mais importante seja a "usabilidade". Ela, por si só, refere-se à facilidade com que um dispositivo ou sistema interativo pode ser usado.

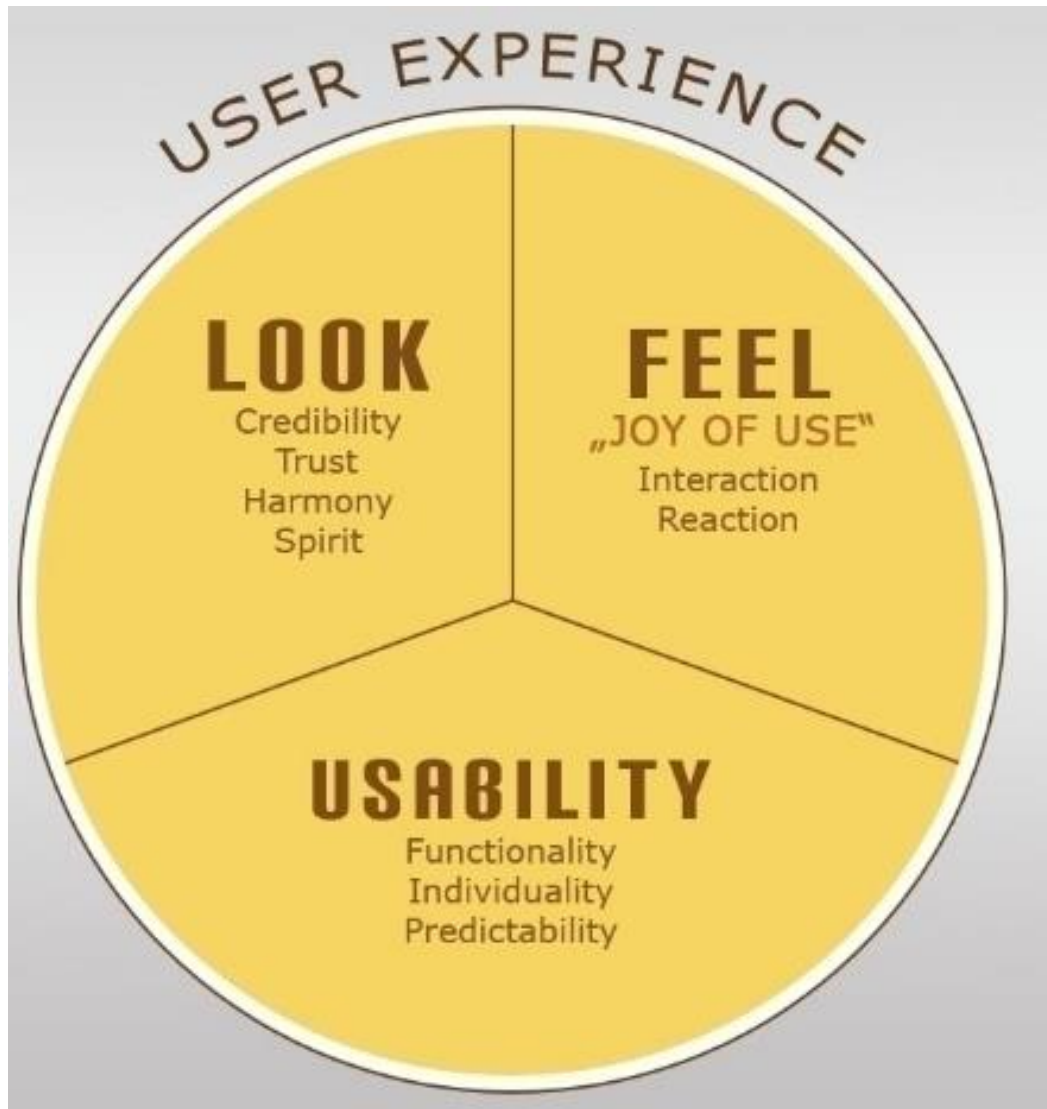


Figura 10 – Dimensões da experiência do usuário (Fonte: site [http:// www.interaction-design.org](http://www.interaction-design.org))

Os componentes de qualidade da usabilidade podem ser definidos como os seguintes: (Preece, Rogers, & Sharp, 2005)

- Aprendizagem – Este componente refere-se ao tempo e esforço que um usuário deve dedicar-se a aprender e interagir com um sistema ou dispositivo para atingir os seus objetivos;
- Eficiência – Se refere à maneira como o sistema auxilia os usuários na realização de suas tarefas. Espera-se que o usuário possa realizar suas tarefas com o menor número de

intervenções e de maneira fácil e clara. Após um período de uso de um produto ou interface, o usuário deve ser capaz de completar suas metas em um período razoável e satisfatório de tempo;

- Memorização – Indica o grau em que um usuário é capaz de interagir com o projeto sem ter que atualizar sua memória das etapas necessárias para concluir suas tarefas. Por exemplo, o usuário deve ser capaz de retomar suas atividades normais com facilidade, após um período de "tempo de inatividade" onde eles não usaram o produto;
- Erros – Este componente simplesmente identifica a necessidade de projetos que ofereçam uma interação sem erro ou quase livre de erros. Quantos erros cometem os usuários, em média? E, se houver erros, com que rapidez o usuário pode reconhecer, diagnosticar e se recuperar deles?;
- Satisfação – É o nível de prazer obtido na interação com um projeto. Este componente não se refere exclusivamente a aspectos que tornam o usuário conscientemente feliz. Por exemplo, a satisfação pode ser um prazer inconsciente experimentado após a conclusão rápida e bem-sucedida de uma tarefa que se espera seja difícil e/ou demorada. Mas a satisfação é, naturalmente, também derivada do produto "olhar" e "sentir".

Embora essas dimensões representem os cinco principais componentes de qualidade, a usabilidade de um projeto é influenciada por outros atributos, tais como (Preece, Rogers, & Sharp, 2005):

- Funcionalidade – Também conhecida como utilidade. É a disponibilidade de recursos de design necessários ao usuário para cumprir suas metas em um sistema ou um dispositivo, com rapidez e precisão.
- Individualidade – É a capacidade de personalizar e customizar o design para se adequar o projeto aos desejos ou necessidades específicas do usuário. Por exemplo, o usuário pode realizar uma tarefa específica com frequência ao longo de seu dia de trabalho, então eles precisam de ícones, ações, comandos etc. associados a esta tarefa que sejam destacados e acessíveis, em todos os momentos. Personalização e customização permitem ao usuário organizar elementos dentro da interface do usuário para ajudar a aumentar a sua produtividade.
- Previsibilidade – O usuário deve ser capaz de prever com precisão o que acontecerá após a maioria das interações, se não todas. Por exemplo, quando um usuário clica em um botão de comando, as alterações subsequentes devem ser lógicas, claras e intimamente ligadas ao rótulo ou informações anexadas. O nível de previsibilidade associado a uma experiência

interativa é extremamente importante, pois o usuário deve ser capaz de determinar o resultado de suas ações antes da interação, para garantir que eles não cometam erros. A previsibilidade também está associada à memorização. Se o projeto não suporta uma predição exata, então podemos supor que também há informações insuficientes para o usuário formar uma memória de ação robusta. Por exemplo, se um botão de comando estiver em branco, o usuário não poderá prever o que acontecerá nem haverá informações suficientes para formar uma associação de lembrança entre o comando e o efeito. Quando o usuário é incapaz de prever com precisão o que se segue, pode-se dizer que a interação tem baixa usabilidade.

3.3.1 Por que realizar testes de usabilidade?

A abordagem predominante para projetar com “boa usabilidade” envolve teste ou avaliação de usabilidade, que podem ser na forma de observação naturalista (ou seja, onde os usuários são observados usando o dispositivo ou sistema no ambiente real) ou testes simulados (ou seja, o usuário é observado em um laboratório onde as condições do mundo real são replicadas). Testes de usabilidade são uma etapa essencial no processo de design por várias razões:

- Podem ser identificados problemas potenciais e imprevistos.
- As características de projeto necessárias podem ser identificadas e incluídas.
- As características desnecessárias do projeto podem ser identificadas e removidas.
- O usuário pode ajudar a “clarear” as funções e a finalidade do dispositivo ou sistema na mente dos projetistas.
- Envolver usuários reais no processo de design pode manter o dispositivo ou sistema em sintonia com os usuários. Isto é especialmente importante para projetos destinados a pessoas com necessidades específicas, como as pessoas com necessidades especiais.
- Os usuários reais têm um nível de distanciamento que os designers não têm, isto é, fornecem uma visão imparcial da usabilidade de um sistema ou objeto.
- Os testes de usabilidade se concentram no usuário, em vez dos aspectos práticos, implicações de custo ou qualquer outro fator do lado do negócio do processo.

- Talvez a razão mais importante para a realização de teste de usabilidade é que ele fornece respostas para questões sérias - o que poderia potencialmente causar falhas, lentidão ou desinteresse - antes que o produto seja finalizado e entregue para o usuário final¹.

Portanto, a partir do que é um gasto relativamente pequeno do orçamento de um desenvolvimento, ganhos de usabilidade podem ser substanciais e sem uma boa usabilidade, o projeto enfrenta ameaça significativa de ter problemas para fornecer produtos que satisfaçam os desejos e necessidades dos usuários pretendidos.

3.4 Princípios básicos do design

3.4.1 Princípio da “Visibilidade”

"Visibilidade" é um princípio de projeto definido pela capacidade do usuário de determinar o que eles podem fazer em um sistema, ou com um dispositivo físico, com base nos elementos visíveis na interface do usuário. A primeira etapa de qualquer processo interativo envolve a elaboração de como satisfazer as intenções de um sistema em termos de *affordances* (propriedades percebidas de um objeto) e reduzir as limitações de um dispositivo ou sistema. Por exemplo, ao usar um dispositivo de gravação, como um gravador de DVD, procuramos um botão ou ícone que ofereça explicitamente a possibilidade de gravação. A visibilidade desta função determinará em grande parte a velocidade com que este objetivo pode ser cumprido.

Vários fatores influenciam a visibilidade das funções oferecidas em uma interface:

- Os botões, ícones, comandos etc. devem ser claramente identificados. O texto e/ou imagens usadas para representar as funções oferecidas pela interface do usuário devem ser explícitas.
- As identificações das funções devem ser lógicas e não ambíguas. O texto e/ou imagens devem compartilhar um relacionamento lógico com suas funções correspondentes. Por exemplo, o grande controle vermelho, na interface física a seguir (Figura 11), mostra setas rodando no sentido horário. Quando o usuário gira o controle no sentido horário, ele efetivamente aciona o dispositivo. Portanto, dá-se uma indicação clara de como o usuário deve interagir com o dispositivo para atingir a função atribuída.

¹ Jakob Nielsen afirma: "As melhores práticas atuais exigem que se gaste cerca de 10% do orçamento de um projeto em usabilidade. Em média, isso vai mais que dobrar as métricas de qualidade de um sistema."



Figura 11 – Bom exemplo do princípio da visibilidade (Fonte: site <http://google.com.br>)

- As funções necessárias devem ser visíveis em cada estágio de uma tarefa. Por exemplo, a primeira coisa que precisamos fazer ao usar qualquer dispositivo eletrônico é ativá-lo. Portanto, esta função deve ser visualizada imediatamente. Em contraste, funções menos demandadas não precisam ser muito destacadas. No entanto, os meios pelos quais as funções menos comuns são acessadas devem ser visíveis como e quando elas são necessárias.

Ao pensar em interfaces gráficas, obtém-se boa visibilidade apresentando funções comuns em uma posição destacada na tela, ao mesmo tempo em que se garante que as funções menos comuns ainda possam ser acessadas rapidamente, conforme necessário. As ações oferecidas dentro de uma interface gráfica também devem ser fáceis de reconhecer. O usuário não deve precisar tentar se lembrar onde os comandos, ícones ou qualquer outro elemento interativo da interface está localizado. (Kaufmann, 1998)

Lembrar é um esforço do processo cognitivo, que exige que o usuário execute um rastreamento da memória. Por outro lado, o reconhecer é um processo automático, no qual a informação sensorial estimula um traço de memória existente, formado durante um evento anterior e semelhante.

No entanto, há uma série de fatores de impacto sobre a velocidade com a qual podemos reconhecer itens em uma matriz visual, por exemplo:

- Existem outras imagens, ícones ou texto semelhante ao item de destino na matriz? A similaridade entre os objetos alvo retarda o processo de busca. Portanto, é importante distinguir itens dentro da interface do usuário.
- As imagens, ícones ou texto devem representar com precisão as funções associadas. Por exemplo, se estamos à procura de uma aplicação que nos permita reproduzir vídeos, poderíamos esperar uma imagem de uma TV ou um rolo de filme. No entanto, se a aplicação é representada por uma imagem não conectada, como um sapo ou uma bola de golfe, a relação ilógica entre os dois não suporta as associações, e principalmente as lógicas que formamos entre os objetos e suas funções correspondentes.
- As imagens, ícones ou textos devem estar de acordo com as expectativas do usuário. Por exemplo, a metáfora do escritório, talvez a metáfora de design mais comum, usa objetos do mundo real, específicos e de domínio comum, como desenhos de latas de lixo, impressoras e pastas, para representar funções dentro de aplicativos de computador. O usuário pode então aplicar o conhecimento adquirido do mundo físico às interações no mundo virtual, dispensando a necessidade de aprender um novo código para interação.

Portanto, a visibilidade é um aspecto chave do design da interface do usuário. Se um usuário não pode ver claramente o que ele precisa dentro da tela, a execução da tarefa pode ser um longo processo de busca. Isso tem sérias implicações para os usuários, onde a incapacidade de ver os itens disponíveis pode resultar em perda de agilidade e aumento da possibilidade de erro. Portanto, os comandos, funções, ícones e qualquer outro elemento interativo dentro de uma interface devem ser altamente visíveis no estágio necessário da tarefa.

3.4.2 Princípio da “Capacidade de Localização”

A "capacidade de localização" refere-se mais frequentemente à facilidade com que os usuários do sistema são capazes de localizar informações dentro de uma interface.

Embora este termo seja mais frequentemente aplicado à arquitetura, à estrutura e à navegação de sistemas virtuais, a capacidade de localização pode igualmente ser aplicado à identificação de elementos dentro dos dispositivos físicos, tais como teclados de computador ou painéis de controle. Ela engloba aspectos de design de interface de usuário, acessibilidade e motor de otimização, entre outros.

Exemplo de bom design: A imagem a seguir (Figura 12) mostra a "possibilidade de encontrar" certos pacotes de softwares dentro da arquitetura do sistema do computador. Selecionando um item de operação, abre-se um novo menu, permitindo que os usuários "detalhem" mais em categorias e listas de funções para encontrar a operação desejada.

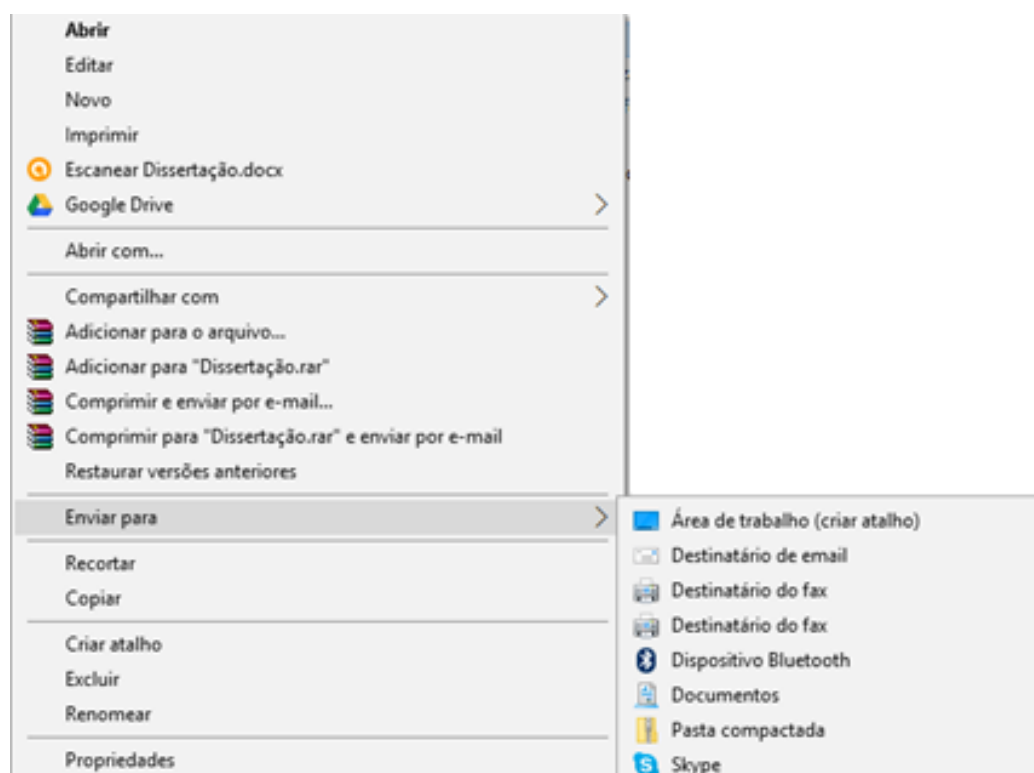


Figura 12 – Bom exemplo do princípio da visibilidade (Fonte: Windows 10 ©)

Como um meio de conservar o tempo e o esforço, os usuários geralmente tendem a inspecionar determinadas áreas da interface do usuário. Essas regiões geralmente são baseadas em experiências anteriores, já que o usuário espera um conteúdo específico em partes específicas da tela.

Os desenvolvedores devem assegurar que as funções importantes sejam imediatamente "localizáveis" para reduzir o tempo que os usuários devem examinar a interface. Funções menos importantes também devem ser fáceis de encontrar, mas menos destacadas na interface. Caso contrário, eles podem inibir a detecção de funções importantes e desordenar a tela.

A capacidade de localização pode ser avaliada através de testes de usabilidade, que é uma abordagem de design centrada no usuário que ajuda a orientar o desenvolvimento de sistemas, dispositivos, interfaces e uma série de outros itens destinados ao uso humano.

3.4.3 Princípio da “Aprendizagem”

Como regra geral, os usuários devem ser capazes de adquirir as informações necessárias para realizar as operações através da simples interação.

A facilidade com que os usuários aprendem a interagir com um sistema, dispositivo, ou qualquer outra ferramenta é referida como "aprendizado". A capacidade de aprendizado de um sistema ou dispositivo interativo é julgada em termos de velocidade e precisão com os quais os usuários são capazes de atingir seus objetivos.

Os sistemas devem ser projetados para que os usuários possam completar suas tarefas através de uma simples interação, ao invés de consultar longos manuais de instruções ou realizar ações pouco assertivas (tentativa e erro). Portanto, a ênfase está na produção de sistemas e interfaces de usuário que atendam aos usuários através de experiências interativas.

Uma boa maneira de avaliar a capacidade de aprendizado é realizar testes de usabilidade, onde os usuários em potencial são observados ao interagir com o sistema ou dispositivo, às vezes sob várias condições. Os testes de usabilidade podem ajudar os desenvolvedores a identificar fontes potenciais de erro ou confusão do usuário, de modo que as alterações podem ser feitas antes de definir a configuração do projeto final.

O design centrado no usuário reconhece o importante papel que os usuários podem desempenhar na formação do projeto de um determinado sistema ou dispositivo interativo. O cenário experimental pode não ser naturalista, mas respostas podem ser geradas para uma série de questões de design importantes, por exemplo:

- O usuário é capaz de explorar livremente a interface e realizar ações do sistema sem causar erros graves?
- É fácil para o usuário aprender todas as funções oferecidas pelo sistema?
- Os usuários podem completar tarefas simples rapidamente na primeira tentativa?

Aprendizagem é um fator importante na experiência do usuário. Os desenvolvedores de interfaces devem buscar determinar:

- A regularidade com que cada função será usada. Assim, dentro da relação do usuário com o sistema, pode ser dado maior destaque às tarefas mais frequentes e menor destaque às tarefas menos frequentes.
- Os desenvolvedores devem fornecer aos usuários as informações necessárias no momento certo, para que eles possam aprender à medida que progredem, em vez de inundá-los com

informações no início de uma tarefa e esperar que eles se lembrem das instruções. O usuário deve aprender o que eles podem fazer, onde, como e quando podem fazê-lo e por que eles devem realizar as manobras instruídas, simplesmente interagindo com o sistema ou dispositivo. (Kaufmann, 1998)

3.5 Diretrizes de Design de Interface de Usuário

3.5.1 As 10 regras de ouro de Nielsen e Molich para design de interface e a avaliação heurística

Desenvolvida por Nielsen² e Molich³ em 1990 (Nielsen, *Heuristic evaluation of user interfaces*, 1990), a avaliação heurística (método de avaliação de interfaces baseado em princípios de usabilidade e desenvolvido a partir de uma série de experiências prévias) consiste na inspeção sistemática da interface tendo como base uma lista de regras de usabilidade. O resultado da avaliação é uma lista de problemas de usabilidade, com os princípios violados e a gravidade de cada problema. É notado que diferentes pessoas encontram diferentes problemas e, portanto, se melhora significativamente os resultados quando vários atores participam da avaliação.

A avaliação heurística é feita em um primeiro momento individualmente. Durante a sessão de avaliação, cada avaliador percorre a interface diversas vezes inspecionando os diferentes componentes do diálogo e ao detectar problemas os relata associando-os com as heurísticas de usabilidade que foram violadas.

Depois dessa etapa inicial, as listas de problemas dos avaliadores são consolidadas em uma só. Assim, o resultado de uma avaliação heurística é uma lista de problemas de usabilidade da interface com referências aos princípios de usabilidade que foram violados. Entretanto, o avaliador não pode dizer simplesmente que não gosta de um determinado aspecto, tem que justificar com base nas heurísticas. A seguir são apresentadas as 10 principais heurísticas de

² Jakob Nielsen (nascido em 1957 em Copenhague na Dinamarca) é um cientista da computação com Ph.D. em interação homem-máquina. É um “defensor” da usabilidade e diretor da *Nielsen Norman Group*, que ele fundou com o Dr. Donald A. Norman (ex-vice-presidente de pesquisas da Apple Computer). Nielsen criou o movimento “engenharia de usabilidade com desconto” para melhorias rápidas e baratas de interfaces de usuário e inventou vários métodos de usabilidade, incluindo a avaliação heurística. Ele detém 79 patentes dos Estados Unidos, principalmente sobre as formas de tornar a internet mais fácil de usar.

³ Rolf Molich é um engenheiro civil dinamarquês que já trabalhou com o desenvolvimento de programas de computador, desde que se formou em 1974. Ele tem, desde 1984 trabalhado na interação homem-máquina e usabilidade, lecionando no Instituto Tecnológico e na Universidade Técnica da Dinamarca. Em 1997 ele fundou uma empresa de design, que ajuda as empresas a criar produtos de alta usabilidade, especialmente sistemas de TI.

usabilidade definidas por Nielsen e Molich (Rocha & Pires, 2014) (Nielsen, Heuristic evaluation of user interfaces, 1990):

1 Visibilidade do estado do sistema: Os usuários devem ser sempre informados sobre as operações do sistema com um status fácil de entender e claramente visível na tela fornecendo um feedback adequado e dentro de um período razoável de tempo.

Durante a maior parte do tempo, os sistemas trabalham sem o conhecimento do usuário, mas quando necessário, eles devem ser informados das tarefas subjacentes que estão ocorrendo. Isto é especialmente assim quando o sistema está realizando tarefas que terão algum efeito na tela ou a capacidade do usuário de completar suas próprias tarefas. É preciso informar ao usuário quando há tarefas acontecendo que podem afetá-los de alguma forma.

Exemplos: 1 - Sinalização de qual disjuntor foi selecionado no momento de uma manobra (contorno amarelo) ou identificação do travamento de telas (date e hora destacados em vermelho e sem atualização) (Figura 13). 2 - Retorno sobre o andamento de processos que sinalizam o sucesso ou conclusão da tarefa solicitada (Figura 14).

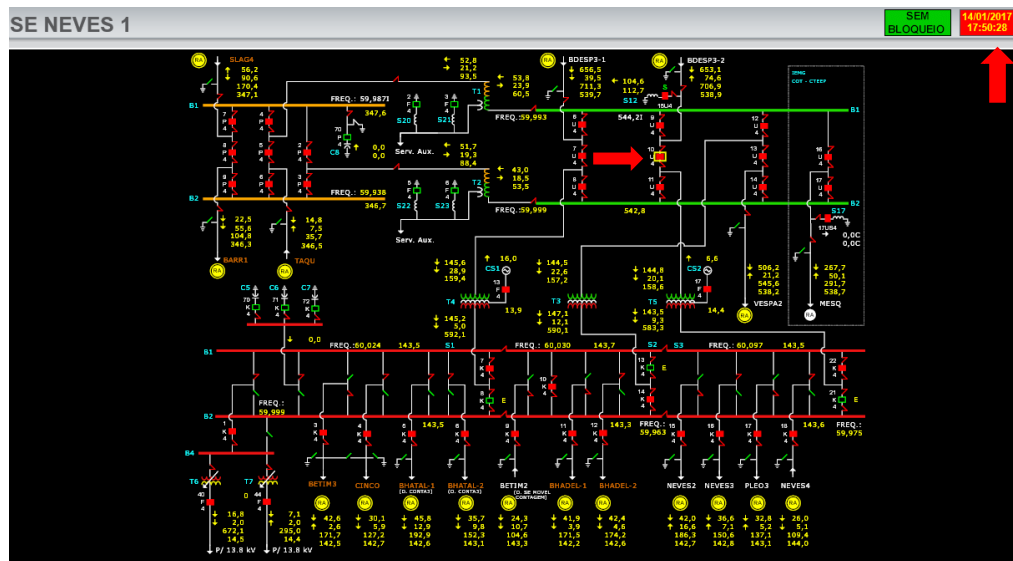


Figura 13 – Bom exemplo de visibilidade do sistema (Fonte: SSC CEMIG)



Figura 14 – Bons exemplos de *feedback* de conclusão ou progresso de ações (site <http://www.interaction-design.org>)

2 Correspondência entre o sistema e o mundo real: Os designers devem se esforçar para espelhar a linguagem e os conceitos que os usuários encontrariam no mundo real com base em quem são seus usuários-alvo.

Apresentar informações em ordem lógica e baseadas nas expectativas do usuário derivadas de suas experiências do mundo real irá reduzir a tensão cognitiva e tornar os sistemas mais fáceis de usar. O sistema precisa falar a linguagem do usuário, com palavras, frases e conceitos familiares, ao invés de termos orientados ao sistema (Figura 15).

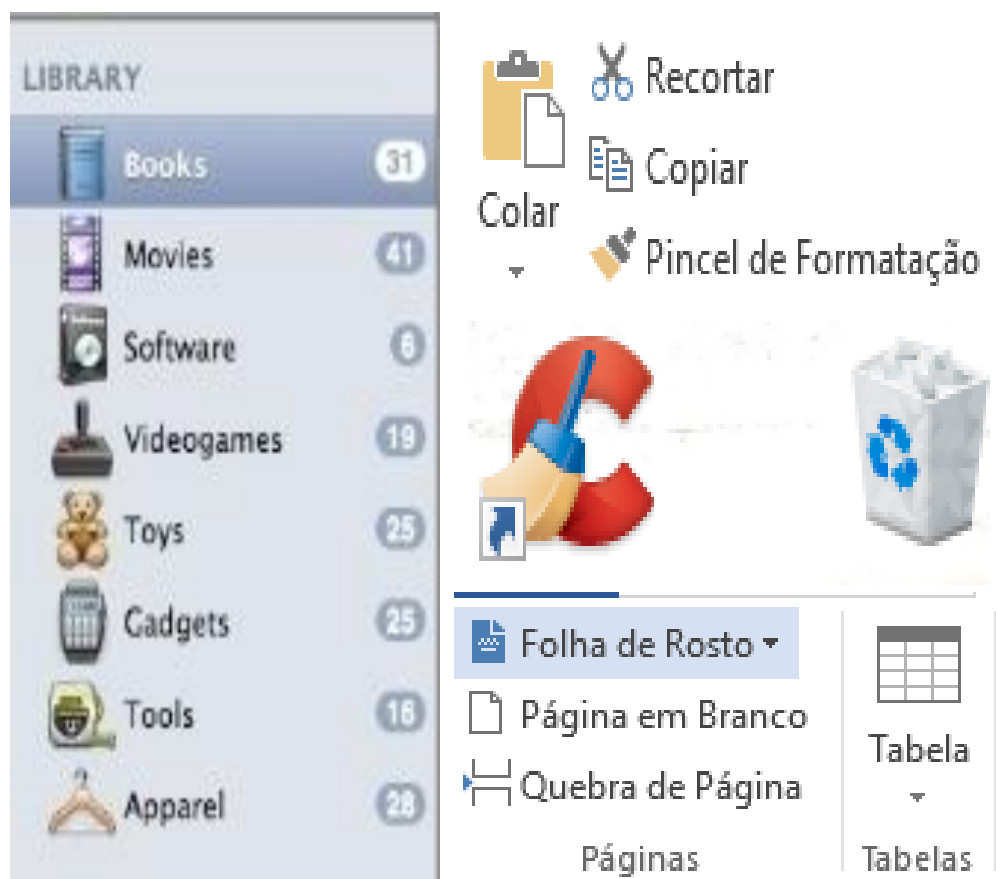


Figura 15 – Bons exemplos de correspondência sistema-mundo real (Fonte: Microsoft Office 2013 © e site

<http://toastytech.com/>)

3 Controle e liberdade do usuário: Oferecer aos usuários, quando possível, um espaço digital onde os passos para trás são possíveis, incluindo desfazer e refazer ações anteriores. Usuários frequentemente escolhem, por engano, funções do sistema e precisam ter claras saídas de emergência para sair do estado indesejado sem ter que percorrer um extenso diálogo (Figura 16).

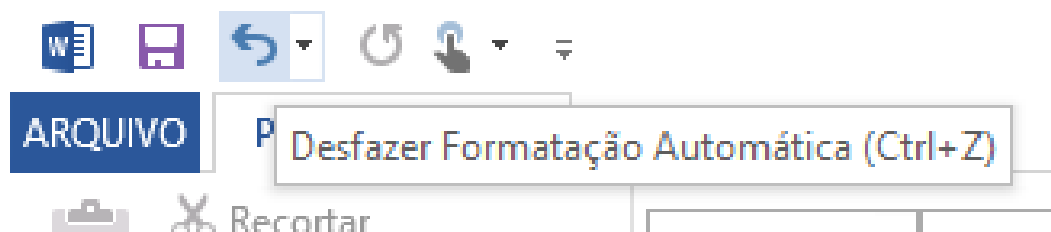


Figura 16 – Bom exemplo de controle e liberdade do usuário (Fonte: Microsoft Office 2013 ©)

4 Consistência e padrões: Os projetistas de interfaces devem garantir que os elementos gráficos e a terminologia sejam mantidos em plataformas semelhantes. À medida que se projeta uma interface, é importante ter em mente as interações que ocorrem entre a cognição humana e a tela que se está projetando. Tornar as coisas mais fáceis para os usuários significa não os forçar a aprender novas representações ou conjuntos de ferramentas para cada tarefa.

A consistência limita o número de formas como as ações e operações são representadas, garantindo que os usuários não precisam aprender novas representações para cada tarefa. Além disso, o estabelecimento de normas de projeto, permitem que os usuários concluam novas tarefas sem ter que aprender novos conjuntos de ferramentas.

Por exemplo, um ícone que representa uma categoria ou conceito não deve representar um conceito diferente quando usado em uma tela diferente. Usuários não precisam adivinhar que diferentes palavras, situações ou ações significam a mesma coisa. Exemplo: A padronização das telas que têm ações equivalentes minimiza a possibilidade de erros aumentando a segurança da operação (Figura 17).

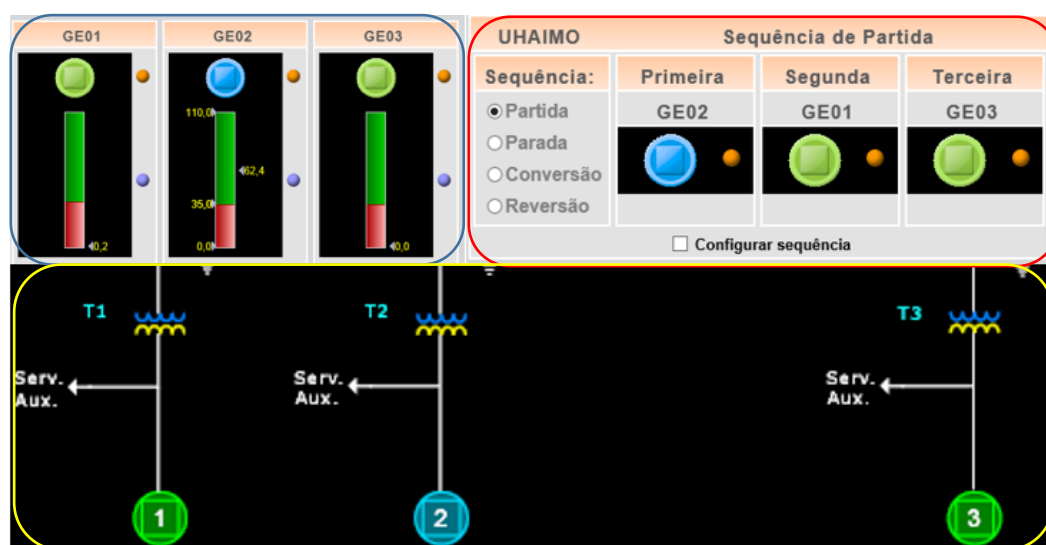


Figura 17 – Bom exemplo de controle e liberdade do usuário com representação consistente em várias telas

(Fonte: SSC CEMIG)

O exemplo a seguir (Figura 18) apresenta dois tipos de design que podem levar o usuário a executar ações erradas. A figura da esquerda apresenta uma seta para baixo para indicar a “mais alta classificação” e uma seta para cima para indicar a “mais baixa classificação”. Esta representação é inconsistente e confusa para os usuários, pois o conceito "superior" é geralmente sinônimo de uma seta para cima e "inferior" é sinônimo de uma seta para baixo.

A figura da direita apresenta duas situações onde a disposição dos controles possíveis não obedece a um padrão quando a tela é apresentada. O operador pode ser induzido a erros, pois, durante ações repetitivas, quanto mais consistente estiver o posicionamento das informações e dos controles na tela, menor é o risco de erro do usuário.

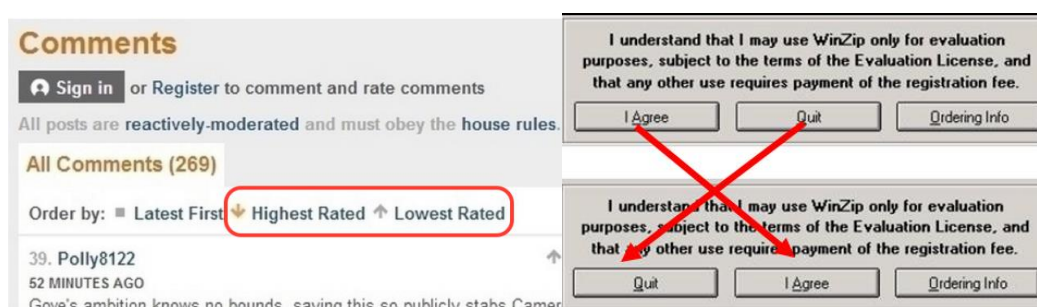


Figura 18 – Exemplo ruim de consistência e padronização (Fonte: (Rocha & Pires, 2014))

5 Prevenção de erros: Sempre que possível, é preciso criar sistemas de forma que os erros potenciais sejam reduzidos ao mínimo. A eliminação ou a sinalização de ações que podem resultar em erros são dois meios possíveis de se obter a prevenção de erros. Melhor que uma boa mensagem de erro é um design cuidadoso que previne o erro antes dele acontecer. Exemplo: Campos para preenchimento de valores como geração, nível de tensão ou valor desejado de reativo devem prevenir a inclusão de valores além dos limites (Figura 19).

Figura 19 – Bom exemplo de prevenção de erros (Fonte: SSC CEMIG)

6 Reconhecimento ao invés de lembrança: É importante minimizar a carga cognitiva mantendo as informações relevantes para a tarefa dentro da tela enquanto os usuários exploram a interface. A atenção humana é limitada e só somos capazes de manter em torno de cinco itens em nossa memória de curto prazo ao mesmo tempo.

Devido às limitações da memória de curto prazo, os projetistas devem garantir que os usuários possam simplesmente empregar o reconhecimento em vez de lembrar informações em partes do diálogo. Tornar objetos, ações e opções visíveis e padronizadas. Reconhecimento é um processo de memória falível que é limitado pela capacidade de nossos sistemas de memória. Esse processo de memória demanda esforço, pois devemos manter ativamente a informação com o “ensaio consciente” (ou seja, repetindo as coisas em mente ou praticando).

As interfaces de usuário devem, sempre que possível, limitar a necessidade de lembrar, pois o ser humano está inclinado a esquecer rapidamente as informações. O reconhecimento, por outro lado, é um processo "automático" que ocorre através da estimulação de padrões neurais existentes formados por exposição prévia à mesma, ou informações semelhantes. Este é um processo com menos esforços significativos, pois ocorre fora do controle consciente e é dependente da força da nossa representação mental armazenada, e o grau em que o estímulo corresponde a esta representação. Exemplo: Todas as ações possíveis sobre um equipamento devem estar concentradas e bem definidas podendo ser acessadas em um único lugar e dispostas de maneira padronizada (Figura 20).

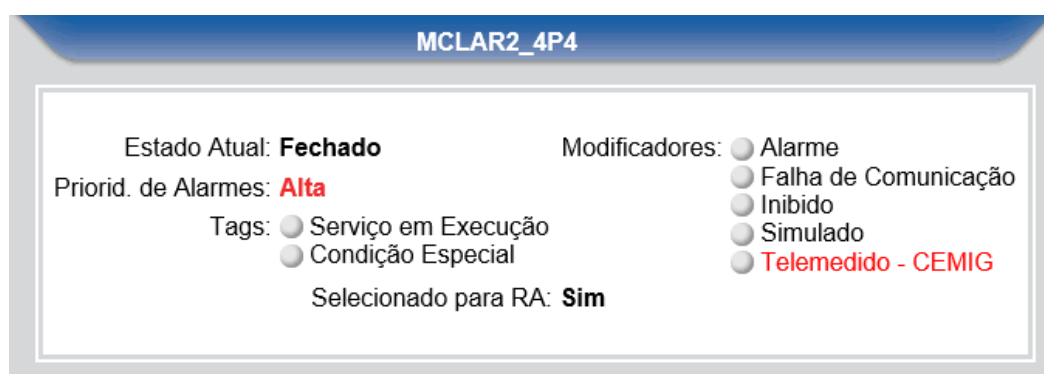


Figura 20 – Bom exemplo de reconhecimento de informações (Fonte: SSC CEMIG)

7 Flexibilidade e eficiência de utilização: Com o aumento do uso vem a demanda por menos interações que permitem uma navegação mais rápida. Isso pode ser conseguido usando atalhos, teclas de função, comandos ocultos e utilização de macros. Os usuários devem ser capazes de personalizar ou adaptar a interface para atender às suas necessidades para que as ações frequentes possam ser alcançadas através de meios mais convenientes. Usuários iniciantes devem se tornar peritos com o uso.

O sistema deve prover aceleradores de forma a aumentar a velocidade da interação e permitir a usuários experientes “cortar caminho” em ações frequentes. Exemplo: Através de cada diagrama unifilar é possível acessar os diagramas de todas as estações que fazem interface com a estação em questão (Figura 21). Neste caso, a subestação de Montes Claros 2 (MCLAR2) pode ser acessada clicando sobre o nome em destaque.

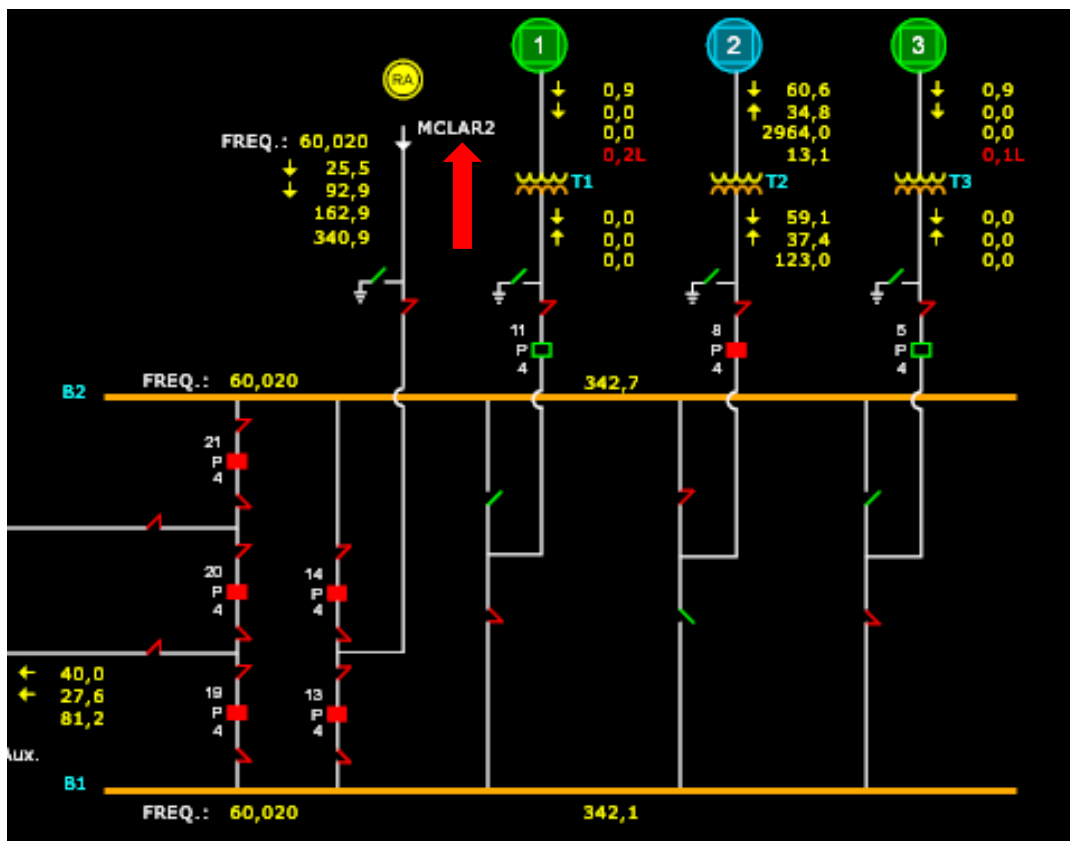


Figura 21 – Bom exemplo de flexibilidade e eficiência de utilização (Fonte: SSC CEMIG)

8 Design estético e minimalista: É necessário buscar a redução do volume de informações que competem pelos recursos limitados de atenção do usuário, o que pode inibir a recuperação da memória do usuário de informações relevantes. Portanto, a exibição deve ser reduzida para apenas os componentes necessários para as tarefas atuais, enquanto fornece meios claramente visíveis e sem ambiguidade de navegar para outros conteúdos.

A interface não deve conter informação irrelevante ou raramente necessária. Qualquer unidade de informação, fora o necessário, irá competir com unidades relevantes de informação e diminuir sua visibilidade relativa. O objetivo é limitar a quantidade de informações que o usuário deve verificar para localizar informações relevantes dentro da interface. Exemplo: Informações de agentes acessantes ou acessados que não interessam (fora da área delimitada como CEMIG), devem ser omitidas ou excluídas das telas (Figura 22).

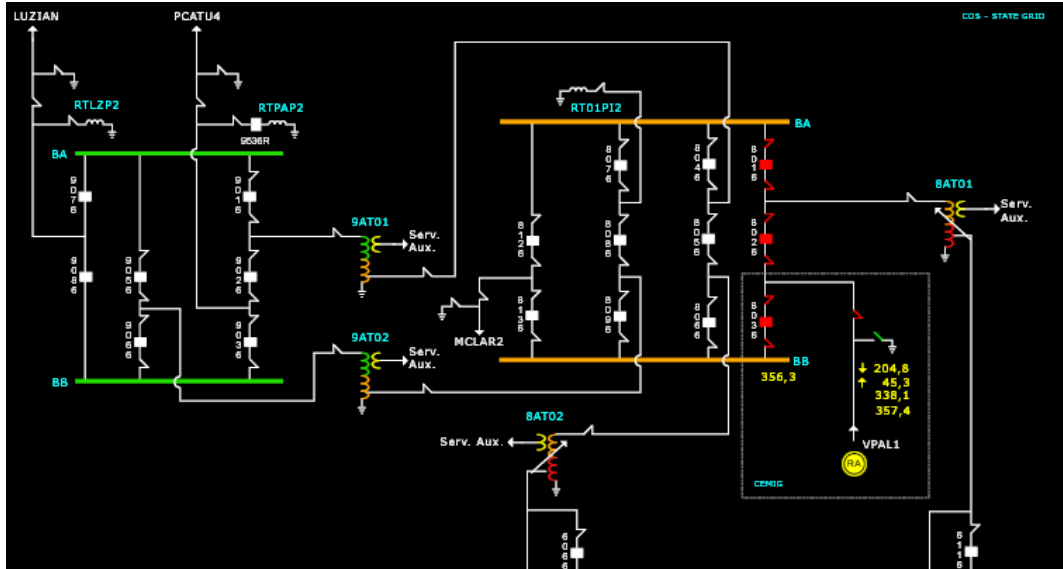


Figura 22 – Bom exemplo de design estético e minimalista (Fonte: SSC CEMIG)

9 Ajudar os usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros: Os designers devem assumir que os usuários não conseguem entender a terminologia técnica, portanto, as mensagens de erro ou bloqueios devem ser quase sempre expressas em linguagem simples para garantir que nada se perca na tradução.

Mensagens de erro devem ser expressas em linguagem clara (sem códigos) indicando precisamente o problema e construtivamente sugerindo uma solução (Figura 23).

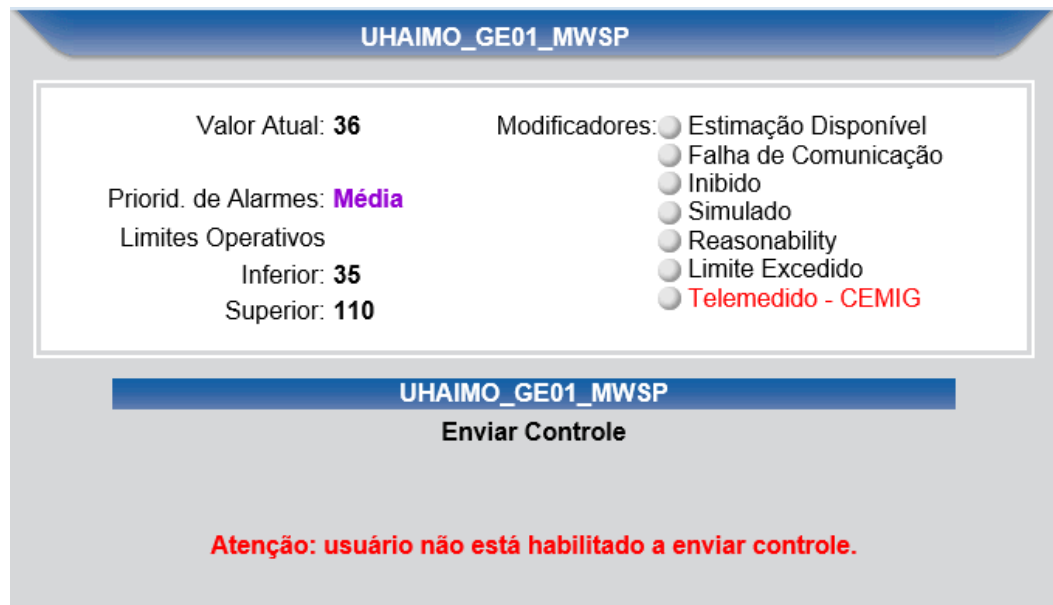


Figura 23 – Bom exemplo de reconhecimento de erros e bloqueios (Fonte: SSC CEMIG)

10 Ajuda e documentação: Idealmente, queremos que os usuários naveguem pelo sistema sem ter que recorrer à documentação. Contudo, dependendo do tipo de solução, a

documentação pode ser necessária. Quando os usuários necessitam de ajuda, certifique-se de que é facilmente localizada, específica para a tarefa em mãos e redigida de uma forma que irá orientá-los através dos passos necessários para uma solução para o problema que estão enfrentando.

Embora seja melhor um sistema que possa ser usado sem documentação, é necessário prover ajuda e documentação. Essas informações devem ser fáceis de encontrar, focalizadas na tarefa do usuário e não muito extensas. Ex.: Sempre que possível, a “ajuda” do sistema deverá ser orientada por tela, de fácil acesso e de entendimento simples.

As 10 heurísticas de interface do usuário definidas por Nielsen e Molich auxiliam os desenvolvedores a projetar interfaces bem-sucedidas e que atendam às expectativas dos usuários.

No decorrer desta dissertação será apresentado um estudo de caso onde foram aplicadas as Heurísticas de Nielsen na IHM do SSC do COS CEMIG.

3.5.2 Leis de *Gestalt*

A teoria de *Gestalt*⁴ é uma teoria que descreve a organização da percepção humana e tenta destacar as formas pelas quais os seres humanos tendem a "agrupar" itens em arranjos perceptuais. (Norman & Draper, 1986)

A psicologia de Gestalt foi fundada por pensadores alemães como Max Wertheimer, Wolfgang Kohler e Kurt Koffka e foca em estudar como as pessoas interpretam o mundo a partir do que elas podem ver. A perspectiva de Gestalt se formou em parte como resposta ao estruturalismo de Wilhelm Wundt que se concentrou em quebrar os eventos e experiências mentais aos menores elementos. Por exemplo, Max Wertheimer observou que sequências rápidas de eventos e percepções tais como linhas de luzes piscando criam a ilusão de movimento, mesmo quando não há nenhum. Isso é conhecido como o fenômeno *phi*. As imagens em movimento são baseadas neste princípio, ou seja, numa série de imagens aparecendo rápida e sucessivamente para dar forma a uma experiência visual contínua.

O Gestaltismo tenta entender como o ser humano compreende um mundo onde há um "ruído" visual e auditivo constante, e como ele é capaz de se concentrar em partes isoladas do todo. Os psicólogos gestálticos tentam entender a organização de nossos processos cognitivos. O efeito Gestalt refere-se à capacidade dos indivíduos de gerar de formas, especialmente em

⁴ *Gestalt* é um substantivo de origem alemã. Embora se possa traduzir por forma ou configuração, é hábito manter-se o termo original pelo fato de a língua portuguesa não ter um equivalente exato.

termos de sua capacidade de reconhecer uma forma física ao invés de um conjunto de linhas e curvas.

Uma série de princípios de *Gestalt* foram identificados, que chamam a atenção para certos fenômenos visuais e que serão apresentados a seguir. (De Sousa, Leite, Prates, & Barbosa, 1999) (Preece, Rogers, & Sharp, 2005)

1 Lei da Pregnância⁵ (*Pragnanz*): Este princípio, também chamado de “Lei da Boa Figura” aplica-se à tendência das pessoas de ver padrões de estímulo nas formas mais simples possíveis. A simplificação da percepção de objetos desempenha um papel essencial para ajudar o usuário a ver a ordem e a regularidade de elementos em interfaces onde distrações constantes e competição visual podem prejudicar a sua percepção de elementos importantes.

Quando o usuário vê uma série de formas conectadas, ele pode perceber qualquer número de permutações diferentes das peças componentes. Por exemplo, os quadrados ligados da imagem a seguir (Figura 24) podem ser vistos como uma série de quadrados ou “formas de L”, mas a maioria das pessoas terá visto imediatamente cinco quadrados interligados.

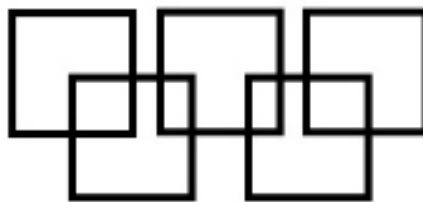


Figura 24 – Exemplo da lei da “boa figura” (Fonte: site <http://www.google.com.br>)

O fenômeno de perceber objetos em sua forma mais simples é referido como a "Lei de *Pragnanz*", que se traduz como a lei da "pregnância" ou “da boa figura”. A simplificação da percepção do objeto desempenha um papel essencial ao ajudar o usuário a ver a ordem e a regularidade num mundo de distrações constantes e competição visual.

Por que observar o Princípio de *Pragnanz*? O ser humano está constantemente tentando ordenar e dar sentido à informação visual. Sem a normalização da informação visual, o ser humano veria linhas dissociadas, curvas, misturas de cores e não haveria regularidade para ajudar a reconhecer nada. O princípio de *Pragnanz* beneficia não só a alocação de recursos

⁵ A *pregnância* é uma qualidade que possuem as figuras que se pode captar através do sentido da visão. Essa qualidade está vinculada à forma, à cor, textura e outras características que fazem que a pessoa que observa a possa captar de forma mais rápida e simples.

limitados de processamento e atenção, mas ajuda a ver as coisas da mesma maneira em cada vez que se olha o mesmo objeto.

2 Lei da Similaridade: Quando se visualiza itens semelhantes frequentemente eles são percebidos como pertencentes a um mesmo grupo. Este fenômeno foi identificado pelos psicólogos Max Wertheimer, Kurt Koffka e Wolfgang Kohler que se referiam a este princípio de organização perceptual como a "Lei da Similaridade". Como pode ser verificado na figura a seguir (Figura 25), ao olhar para itens semelhantes tais como os ícones de pasta ou os corações, automaticamente eles são vistos como itens agrupados.

Estas semelhanças podem estar na forma de uma semelhança física, como a forma ou alinhamento, ou nas cores correspondentes, como os corações brancos e vermelhos.



Figura 25 – Exemplo da lei da similaridade (Fonte: site <http://www.google.com.br>)

O mesmo viés perceptivo é, portanto, aplicável à informação auditiva, com notas agudas semelhantes tocadas sucessivamente que são percebidas como uma melodia.

O design de interface do usuário pode explorar esse princípio perceptivo através do aumento da similaridade dos itens que o usuário deve considerar como pertencentes ao mesmo grupo e diminuindo a semelhança de itens não devem ser percebidos como agrupados.

A similaridade trata, portanto, da manutenção de consistência dentro de uma interface de usuário.

3 Lei da Proximidade: A psicologia de Gestalt indica que a percepção humana é ajustada para ajudar o indivíduo a extrair objetos “completos” no seu fluxo sensorial antes da percepção apenas de partes destes objetos. Portanto, o gestaltismo sugere que “...O todo é maior

do que a soma de suas partes", pensamento que é uma derivação da declaração original de Kurt Koffka que "... O todo é diferente da soma das partes". (Kaufmann, 1998)

Um dos princípios de *Gestalt* que foram propostos, é o de busca da lei da proximidade, que se refere à tendência em perceber itens arranjados nas proximidades como pertencentes ou formando o mesmo grupo.

Exemplos de Lei de Proximidade: Os círculos a seguir (Figura 26) aparentam estar agrupados numa coluna e numa linha, o que na verdade não tem nada a ver com a circunstância, pois nada mais são do que círculos independentes posicionados uns mais próximos do que outros.

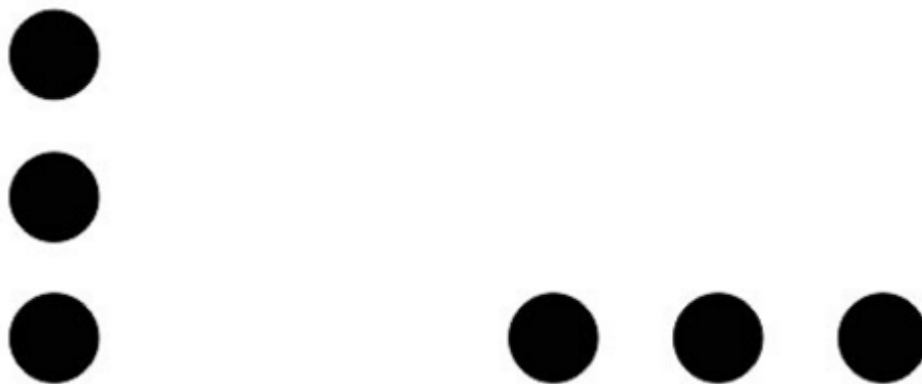


Figura 26 – Exemplo da lei da proximidade (Fonte: site <http://www.linguagemvisual.com.br/gestalt.php>)

Quando se implementa ordem e estrutura nas telas há menos tensão colocada sobre os recursos cognitivos limitados dos usuários, permitindo-lhes resolver os grupos de informações um de cada vez. Telas muito cheias ou com informações desconexas sobrecarregam o usuário e diminuem sua velocidade de interação, uma vez que grandes áreas da tela têm que ser inspecionadas até que as informações relevantes possam ser identificadas.

Além disso, o espaçamento entre opções de seleção ou caixas de entrada de texto longe de suas informações correspondentes requerem movimentos dos olhos de um lado para o outro, o que coloca demanda desnecessária sobre o usuário e aumenta a possibilidade de erros. Portanto, o design de interfaces deve buscar organizar os itens por proximidade compartilhada de tal maneira que se perceba o “todo” antes das partes constituintes de uma tela.

4 Lei da Familiaridade ou do Significado: A “Lei da Familiaridade” descreve a capacidade de percepção humana em fazer conversões bem-sucedidas para ajudar a formar representações mentais significativas de objetos do mundo real e do mundo virtual.

Considerando as imagens a seguir (Figura 27) cada uma delas é composta de um número de diferentes formas e linhas, mas a necessidade de dar sentido ao mundo e de formar representações mentais precisas e significativas do ambiente faz com que o cérebro perceba um rosto, um triângulo de círculos de cores diferentes, uma casa, e um par de olhos. Sem a capacidade de transformar a entrada sensorial em informações significativas, o ser humano seria incapaz de desenvolver a correta compreensão das coisas em nosso ambiente.

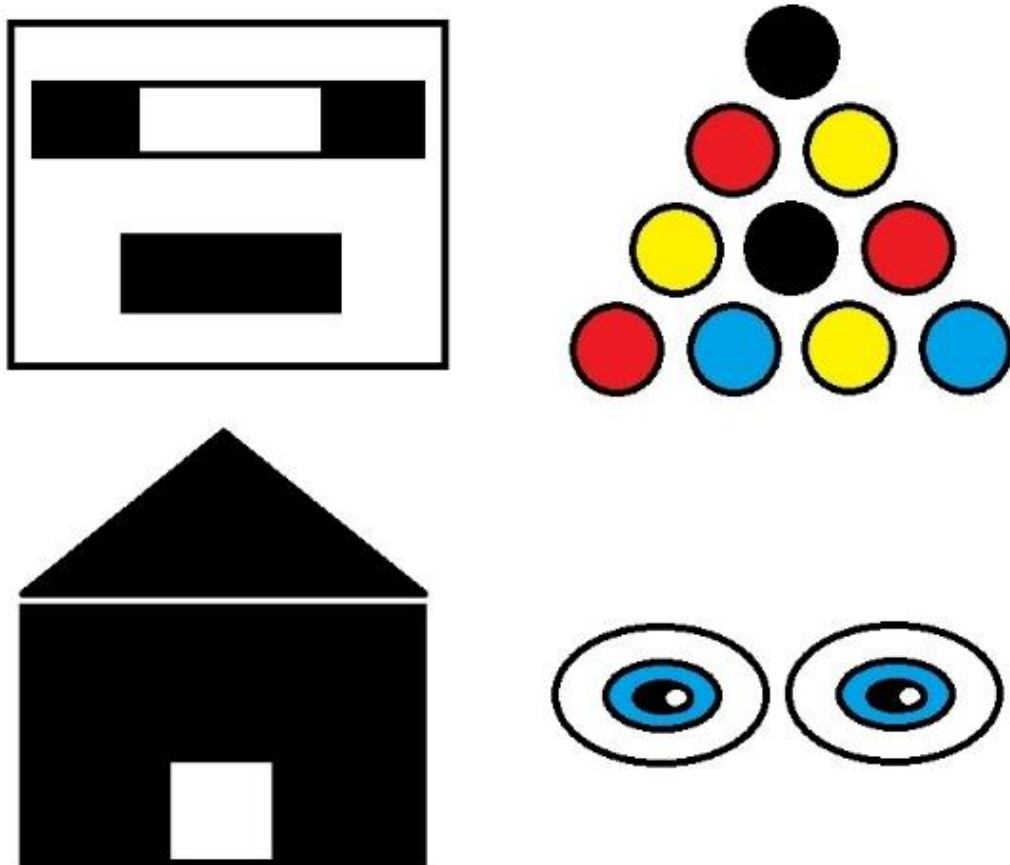


Figura 27 – Exemplo da lei da familiaridade (Fonte: site [http:// www.interaction-design.org](http://www.interaction-design.org))

É através da experiência que se formam representações mentais para diferentes objetos, figuras, animais e qualquer outra forma bidimensional ou tridimensional. Estas representações mentais podem ser aplicadas a partir de uma situação para outra, consciente ou inconscientemente.

A estimulação inconsciente de uma representação mental existente é referida como reconhecimento. Este é um tipo de processo da memória que ocorre quando um padrão neural associado a um evento anterior (por exemplo, ver um cão) é animado por uma nova instância, similar (por exemplo, ver um outro cão). A organização perceptual garante que se detecte

regularidade e forma quando se observa objetos, pessoas, etc. ao invés de apenas uma série de componentes desconectados e sem sentido como pontos, linhas e curvas.

Portanto, a lei do significado refere-se essencialmente à tendência de agrupar certas figuras, formas e imagens quando elas, coletivamente, estimulam uma forma familiar. Contudo é importante organizar as informações da maneira com a qual o desenvolvedor quer que o usuário perceba a cena, e não o que a mente dele quer que ele veja. Se um conjunto de itens pode levar o usuário a tirar uma conclusão perceptual errada, então deve-se separar objetos, números, formas, etc., para garantir que a atenção seja dirigida da maneira pretendida.

5 Lei do Destino Comum: Elementos posicionados em uma mesma direção são vistos como se estivessem em movimento e formam uma unidade. Organizar itens na busca de um caminho estimula a tendência humana de perceber as coisas em movimento na mesma direção como uma formação ou pertencentes ao mesmo grupo (Figura 28).



Figura 28 – Exemplo da lei do destino comum (Fonte: site <http://www.google.com.br>)

6 Lei dos Elementos Conectados: A "Lei dos Elementos Conectados" refere-se à percepção de que objetos ligados por alguma conexão física pertençam ao mesmo grupo. Observando a representação a seguir (Figura 29) quando se olha para os elementos ligados pelas linhas, eles são vistos como itens agrupados.

Características de design como esta ajuda o usuário a ver grupos e categorias em que podem, de outra maneira, ver uma série de objetos dissociados. Esta técnica pode ser

especialmente útil quando itens são colocados ao redor de uma tela, em diferentes posições, mas ainda assim seja necessário que eles sejam vistos como agrupadas. A ligação entre os itens dá a impressão que eles têm algo em comum ou representam um grupo compartilhado.

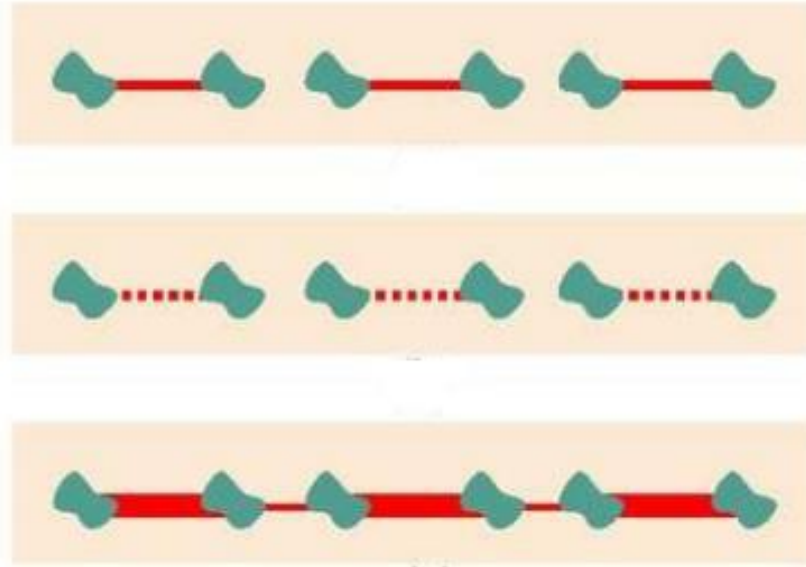


Figura 29 – Exemplo da lei dos elementos conectados (Fonte: site <http://www.google.com.br>)

Portanto, o design deve explorar as leis de agrupamento com os elementos de conexão, para influenciar a percepção de objetos físicos ou gráficos. Isto é particularmente importante ao apresentar um grande número de itens de uma vez aos usuários.

Medidas que influenciem a percepção de itens como agrupados, podem auxiliar o processo de busca visual. Não estabelecer grupos ou categorias força o usuário a verificar todos os itens possíveis, que é muito mais trabalhoso e demorado, reduzindo, portanto, a produtividade e aumentando o risco de falha.

7 Lei da Sincronia: Este princípio de organização perceptual permite ao usuário mudar a sua atenção para itens relacionados dentro de uma interface de usuário com maior velocidade e precisão.

A “Lei da Sincronia” é um princípio de Gestalt em que se observa a percepção dos acontecimentos visuais ocorridos em sincronia como sendo acontecimentos agrupados ou que compartilham o mesmo significado. A imagem a seguir (Figura 30) apresenta um painel de controle de uma ambulância, onde os botões iluminados são vistos como um grupo, mesmo que não compartilhem uma proximidade, nem representem boa simetria.



Figura 30 – Exemplo da lei da sincronia (Fonte: site [http:// www.interaction-design.org](http://www.interaction-design.org))

A lei da sincronia é semelhante ao princípio existente na lei do destino comum, que afirma que itens semelhantes em movimento são percebidos como agrupados mesmo quando afastados. No entanto, o princípio da sincronia pode ser aplicado a eventos visuais estáticos, como as lâmpadas que são mantidas em “ligado” ou “desligado”, posições que são percebidas como dois grupos distintos.

Se fosse necessário perceber itens síncronos de maneira distinta, o usuário seria forçado a passar por um processo de busca visual maior ao tentar identificar ou interagir com elementos específicos relacionados. Em vez disso, a lei de sincronia influencia a percepção visual de tal maneira que a detecção do grupo é imediata, evitando-se um processo de busca visual mais esforçado.

8 Lei da Região Comum: A "Lei da Região Comum", descreve o fenômeno perceptivo em que os itens que compartilham uma área com limites claramente definidos são percebidos como pertencentes a um mesmo grupo. As regiões na imagem a seguir (Figura 31) podem ser claramente vistas como agrupadas quando elas compartilham uma área claramente delimitada.

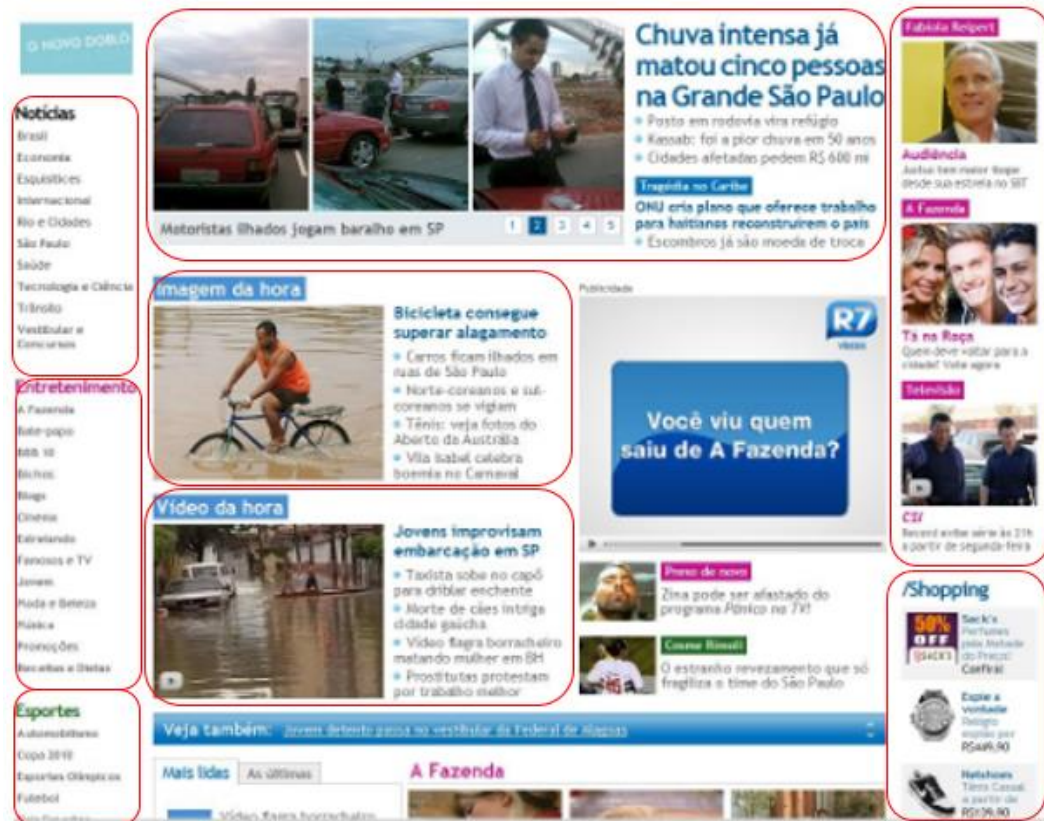


Figura 31 – Lei da região comum (Fonte: site <http://www.google.com.br>)

Esta lei pode ajudar o usuário a encontrar material relevante com rapidez e, do mesmo modo, descartar informações irrelevantes.

3.6 Percepção visual e a percepção das cores

3.6.1 Entendendo o olho humano

A visão humana não é simplesmente uma série de imagens fotográficas do entorno do ser humano. Os receptores percebem o seu meio de maneira filtrada através das propriedades do sistema visual. A fim de compreender o que é visto, deve-se primeiro compreender a forma como se interpreta a luz que entra no cérebro através do olho e a sua transformação em algo significativo.

O sistema visual é iniciado pelos olhos, que contêm um produto químico sensível à luz que converte a energia da luz do nosso ambiente em atividade elétrica, um processo chamado de transdução. Esta atividade elétrica é depois transmitida a partir da retina (camada de tecido no fundo dos olhos que contém células fotorreceptoras), para o cérebro através do nervo óptico. Uma vez que esta informação é recebida pelo cérebro é instantaneamente transformada em

experiência consciente, que é usada para localizar e identificar todos os objetos no ambiente e orientar os movimentos e interações. Assim, os indivíduos são capazes de determinar a distância dos objetos, a distância entre objetos e seus relacionamentos de um ao outro, com base em informações de luz.

Os primeiros cientistas da computação trabalhavam sob o equívoco de que a percepção visual é simplesmente um processo direto onde a energia da luz entra no olho e o cérebro interpreta esta informação para formar uma imagem fotográfica de seu meio ambiente. No entanto, eles tinham desconsiderado ou simplesmente desconheciam os muitos processos "mais profundos" do cérebro, que ajudam a criar a percepção do mundo. Sem estes outros processos a recepção passiva de energia da luz no olho não seria suficiente para gerar uma imagem mental com significado lógico e útil.

Uma compreensão da percepção visual tem muitas aplicações potenciais, como a geração de projetos que acomodem e suportem a natureza e as peculiaridades da visão humana.

O designer de interfaces deve saber, por exemplo, qual o ponto em que o olho normalmente está focado. Projetar baseado nestas informações garante que o usuário não vai desperdiçar seu tempo com informações menos importantes ou que ele vai deixar de perceber informações relevantes. Isto tem implicações para a percepção por exemplo de mensagens de erro, relatórios de status e alertas gerais, informações que devem estimular o usuário a evitar problemas dentro do sistema.

No fundo do olho humano há uma camada chamada retina e é nesta região que a luz é focada. O centro da retina é uma área chamada de fóvea (Figura 32).

Embora a fóvea ocupe um espaço muito pequeno da retina, aproximadamente 50% de fibras do nervo óptico transportar informações a partir desta região. A concentração de fibras nervosas na fóvea dá origem a níveis diferentes de acuidade visual entre coisas vistas no centro do nosso ponto de vista e as coisas que estão na periferia do campo visual. Isto explica em grande parte a natureza dos movimentos oculares em complexas tarefas de percepção visual como ler, onde há necessidade constante de mudança no foco entre as linhas e palavras.

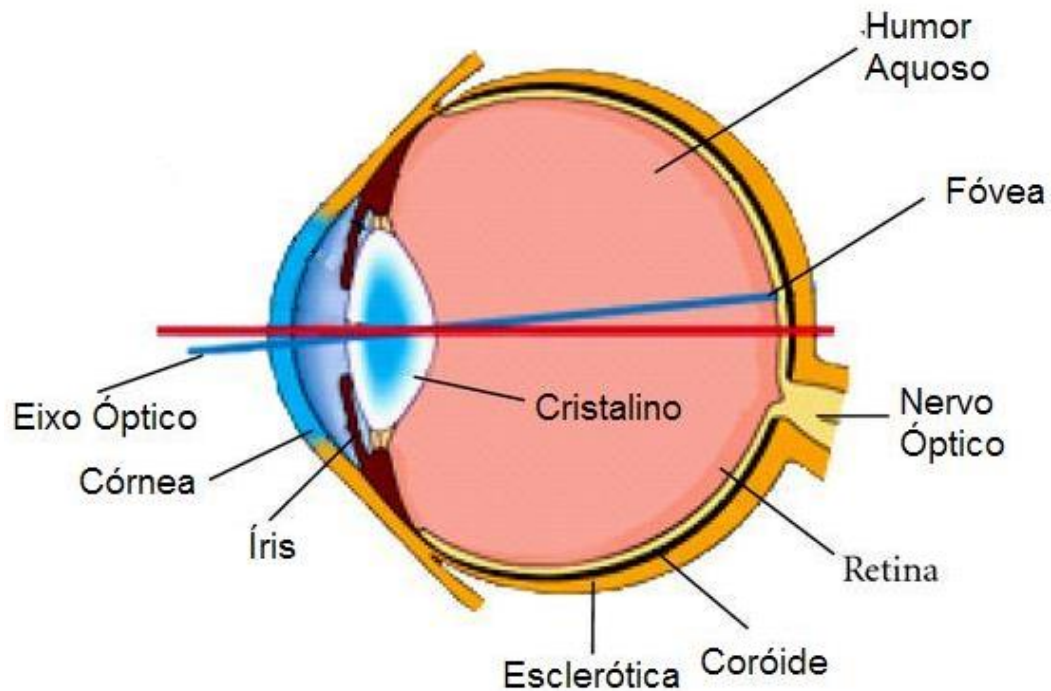


Figura 32 – Representação do olho humano (Fonte: site <http://www.google.com.br>)

3.6.2 Função das cores

As cores desempenham papel importante na função de sinalização, tanto nos sinais emitidos naturalmente quanto naqueles feitos artificialmente pelo homem. Como exemplo, é possível determinar a maturação das frutas em função das diferenças naturais das cores ou saber quando parar nos semáforos através de diferenças de cores artificialmente criadas.

As cores desempenham, portanto, papel essencial sobre a segregação perceptual, que se refere à capacidade de distinguir um objeto de outro e se concentrar em elementos específicos dentro de um arranjo visual concorrido.

As diferenças das cores são usadas para guiar as ações e ajudar o usuário a fazer escolhas apropriadas quando confrontado com uma variedade de diferentes objetos, informações e itens gráficos.

3.6.3 O uso das cores no design

Sempre deve ser considerado que a tonalidade, o tamanho e distância entre itens ao se usar cores diferentes em uma exibição, são importantes para a compreensão da informação pelos usuários. Estes três fatores afetam a capacidade de distinguir as cores entre si.

Devido à forma como o sistema visual humano funciona, nossa capacidade de detectar diferenças de cor é definida pelo matiz ou tonalidade de cores mostradas na mesma tela. A

percepção das cores é ativada pelas células cone que se encontram sobre a retina do olho. Existem três tipos de células cone diferentes, de curta, média e longa frequência. Elas são distinguidas pela frequência da luz a que são sensibilizadas. Cada tipo de célula cone engloba uma gama de frequência da luz, o que influencia a maneira como se percebe as cores semelhantes mostradas nas proximidades. Os três tipos de células cone retransmitem as informações para o córtex visual, através do nervo óptico, produzindo três canais distintos.

As cores têm três propriedades básicas:

- Matiz - Refere-se ao percentual de cores primárias⁶.
- Saturação - é a riqueza, pureza ou intensidade de uma cor.
- Luminosidade - é definida como o brilho subjetivo de uma cor percebida ao longo de um eixo claridade-escuridão.

Cada uma destas três propriedades pode influenciar a maneira pela qual as cores são percebidas. As cores mais claras são as mais difíceis de distingui-las umas das outras. Deve-se priorizar, sempre que possível, o uso das cores primárias, pois causam forte sinal apenas em um tipo de célula cone e fraco sobre os outros dois reduzindo assim o impacto da interferência na capacidade de percepção imediata da cor.

Quando a área ocupada por uma cor é pequena, é difícil distingui-la de outra. Isto tem implicações para a apresentação de textos, por exemplo. Como as letras são normalmente muito finas e a capacidade de detectar variações na cor é deficiente, a alteração na cor do texto para indicar diferenças ou demarcar partes de informações são afetados. Portanto, é melhor usar outros meios de distinção de textos como o uso de negrito, itálico ou fontes diferentes, que contorna o problema de capacidade de detecção das diferenças de cores. Esta dificuldade acontece especialmente quando são necessários movimentos oculares para se concentrar nos itens, palavras, imagens separadas etc.

3.6.4 Percepção visual: visão e design

Um bom design de ícones ou figuras não só podem clarear uma exibição e reduzir a quantidade de texto na tela, como também podem ajudar na “varredura da tela” baseada no reconhecimento.

Ícones não podem ser ambíguos pois os usuários precisam determinar instantaneamente sua função sem ter que alocar recursos de atenção para decodificá-los. Usar imagens em vez de

⁶ Cores primárias: Cores primárias são conjuntos de cores que podem ser combinadas para criar outras cores. Para as aplicações humanas, três cores primárias são normalmente usadas (Vermelho, verde e azul), já que a visão colorida humana é tricromática. Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Cor_prim%C3%A1ria

palavras pode reduzir a carga cognitiva colocada nos usuários e, assim, aumentar a sua produtividade e melhorar a sua experiência. (Lansdale & Edmonds, 1992)

Os ícones e símbolos estão cada vez mais presentes no design de interface gráfica. O uso continuado de ícones pode ser atribuído à aparente preferência por imagens ao invés das palavras, em função da nossa capacidade de reconhecer e recordar imagens com o mínimo de esforço mental.

Muitos estudos utilizando imagens e palavras encontraram níveis superiores de recordação e reconhecimento na utilização de imagens. Um número de diferentes tarefas foi usado para testar a existência de diferenças de processamento.

Uma série destes estudos têm mostrado níveis superiores de desempenho de reconhecimento de imagens comparado ao reconhecimento de palavras. Por exemplo, Potter e Faulconer (Potter, Faulconer, & A., 1975) realizaram uma pesquisa de reconhecimento forçado na qual os indivíduos eram apresentados a uma palavra ou a uma figura e eles tinham que tão rapidamente quanto possível, informar se aquelas imagens ou palavras se enquadravam na categoria ou não. Os resultados mostraram que os participantes categorizaram as imagens bem mais rapidamente que as palavras.

As imagens podem melhorar o apelo visual de uma interface, mas por outro lado o usuário ignora imagens que não servem para fins informativos. Portanto, as imagens com pouca informação são ignoradas quando o usuário está procurando informações essenciais para suas tarefas rotineiras. As imagens supérfluas devem ser evitadas no design de interfaces, uma vez que são susceptíveis de ser filtradas pelo usuário ou até mesmo retirar o foco dele sobre o que realmente importa.

Jakob Nielsen (Nielsen, Heuristic evaluation of user interfaces, 1990) afirmou que a maneira de “seduzir” os usuários para o que é realmente importante é proporcionar-lhes imagens direcionadas aos seus objetivos e que os ajudem a alcançá-los no menor tempo possível.

Portanto, os usuários tendem a direcionar a atenção de acordo com as informações mais importantes em sua interface.

3.6.5 Visão e atenção

A atenção permite ao usuário concentrar-se nas informações importantes, limitando a interferência de informações não necessárias. Por esta razão, a atenção é o ingrediente chave da experiência consciente do mundo.

A percepção visual não é um processo passivo. Os indivíduos estão constantemente “inspecionando” o ambiente na busca por informações pessoalmente relevantes, interessantes e úteis. O processo cognitivo de pesquisar o ambiente por estímulos e então focar neles é chamado de atenção. A alocação de atenção é essencial para a percepção visual, pois orienta os órgãos dos sentidos para estímulos importantes, interessantes e úteis, ao mesmo tempo que diminui a consciência de estímulos menos relevantes.

A habilidade em selecionar informações para processamento posterior faz com que os estímulos sob o foco da atenção sejam vistos como vívidos e claros, com todos os outros estímulos nunca interferindo na experiência consciente do ambiente.

A atenção tem duas funções principais: em primeiro lugar, fazer com que os estímulos principais apareçam com maior clareza e vivacidade e em segundo lugar, filtrar todos ou a maioria dos outros estímulos. Essas duas habilidades ajudam os usuários na concentração em elementos específicos dentro de ambientes visuais complexos.

Se não fosse possível parar a interferência de outros estímulos do ambiente, a concentração em um elemento específico, a experiência de tentar extrair informações significativas seria extremamente difícil, se não impossível. Embora o ser humano tenha esta habilidade, a complexidade das exibições visuais tem impacto na velocidade com que itens específicos podem ser identificados e a natureza e a disposição de estímulos podem ser distrativas. Portanto, a atenção é suscetível à interferência de estímulos irrelevantes, especialmente quando há um grande número de elementos concorrentes que são semelhantes aos que estão dispostos em grande proximidade com o item alvo. Além disso, o usuário é particularmente sensível ao movimento na periferia do seu campo visual, de modo que a presença de elementos móveis pode levar a sua atenção para longe dos estímulos úteis, relevantes ou interessantes dentro de uma exibição.

No entanto, há momentos em que é necessário ter um grande número de estímulos à mão, tanto no mundo físico quanto no virtual, pois a pronta disponibilidade de ferramentas pode aumentar a produtividade.

A capacidade de identificar elementos úteis dentro de uma matriz ocupada e complexa, como a imagem a seguir (Figura 33) é muitas vezes dependente da familiaridade e da experiência com um arranjo particular.

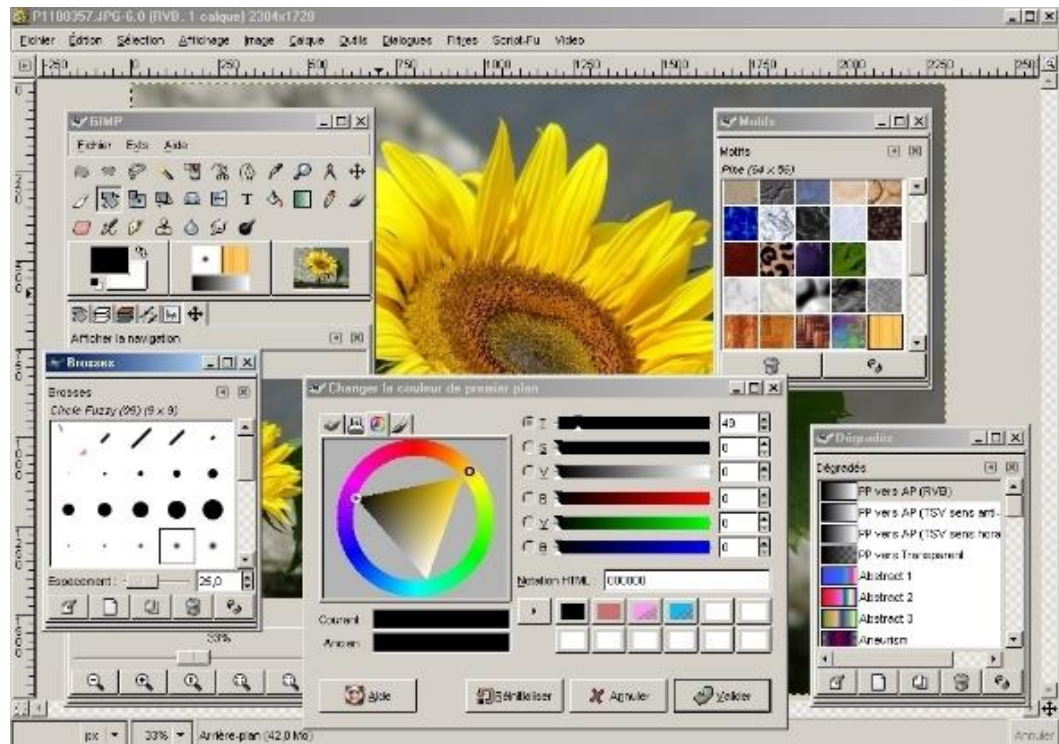


Figura 33 – Exemplo de interface ocupada (Fonte: site <http://www.google.com.br>)

Para uma boa percepção visual os designers devem fornecer as melhores condições para ajudar os usuários a se concentrar em informações relevantes, reduzindo simultaneamente a interferência potencial de outros estímulos. No entanto, isso não implica simplesmente em tornar as interfaces do usuário tão simples quanto possível.

Uma interface gráfica que parece confusa e complexa para uma pessoa pode melhorar a produtividade para outra e a principal razão para isso é a experiência. Ao longo do tempo os usuários aprendem onde as coisas estão dentro de uma tela, permitindo-lhes alocar sua atenção diretamente para as ferramentas apropriadas, operações etc., portanto, talvez a solução ideal seja fornecer aos usuários a facilidade para personalizar os seus monitores, para que eles possam gradualmente aumentar o número de estímulos disponíveis de acordo com as tarefas que são susceptíveis de realizar à medida que eles se tornam mais experientes.

3.6.6 O uso de ícones

Os ícones foram introduzidos pela primeira vez em interfaces gráficas de usuário no projeto Xerox Star®. Eles foram usados para representar objetos dentro da concepção da área de trabalho, na forma de bandejas de entrada e saída, latas de lixo, pastas e documentos. O uso de ícones ao invés de textos descritivos baseia-se na suposição de que eles são mais fáceis de aprender e lembrar, especialmente para usuários novatos.

Os rótulos de texto geralmente tendem a ocupar mais espaço na tela do que os ícones, pois são mais difíceis de impor restrições de forma e tamanho, o que pode fazer com que a interface gráfica do usuário pareça confusa e cheia.

Os ícones são usados em quase todas as interfaces, desde freezers a pacotes de software de desenho, que usam ícones para representar a paleta de pintura e ferramentas de corte e colagem, entre outras operações e comandos.

Em geral, os ícones podem representar ferramentas, aplicativos e uma ampla gama de operações abstratas, como “calculadora”, “relógio” e “câmera” (Figura 34). Desde que foram introduzidos pela primeira vez na Xerox Star®, a aparência e a “textura” do design de ícones também sofreram várias mudanças, com o uso de cores, sombreamento, renderização 3D e animação, entre outros desenvolvimentos.



Figura 34 – Utilização de ícones para representação de ferramentas e ações (Fonte: site <http://www.google.com.br>)

O mapeamento entre a função e a aparência do ícone pode ser literal (como uma pasta para representar uma pasta física), analógico (visto com o uso de "tesoura" para representar a operação de "corte") ou arbitrário (por exemplo, o uso de um xis “X” para representar a função “apagar” ou “Fechar”).

Ícones com mapeamento direto entre a função e a representação física são geralmente os mais fáceis de aprender e reconhecer. No entanto, um mapeamento direto nem sempre é possível, devido à natureza complexa e abstrata de algumas operações. Portanto, geralmente é melhor usar uma combinação de objetos e símbolos dentro do design do ícone para ajudar o usuário a identificar "a parte destacada de uma ação através do uso de analogia, associação ou convenção". (Rogers, Sharp, & Preece, 2013) (Pressman, 2002)

A lista de ícones da figura anterior mostra como a flexibilidade oferecida pelas modernas interfaces gráficas de usuário permite o design de ícones que são facilmente distinguidos, instantaneamente identificáveis e fáceis de lembrar. Há dois objetivos principais dentro do projeto do ícone: reduzir o esforço necessário para interpretar o que uma opção fará quando selecionada e aliviar o usuário do ônus de ter que recuperar o local das operações dentro da interface gráfica do usuário.

Como já dito anteriormente, a lembrança é um processo de memória falível que é limitado pela capacidade dos sistemas de memória do ser humano. O reconhecimento, por outro lado, é um processo "automático" que ocorre através da estimulação de padrões neurais existentes formados por exposição prévia à mesma informação ou informação semelhante.

Resumindo, um bom design de ícones pode ajudar a reduzir a tensão cognitiva colocada sobre o usuário, o que pode aumentar a produtividade e diminuir qualquer sentimento de desorientação, confusão ou frustração ao tentar localizar e selecionar funções dentro da interface gráfica do usuário além de agregar agilidade às ações e minimizar as possibilidades de falhas.

4 A Importância da Usabilidade

4.1 Simplicidade no design

Por mais estranho que pareça mencionar Leonardo Da Vinci no mesmo texto de uma torradeira de pães da figura 35, este utensílio de cozinha é a encarnação de uma citação do famoso italiano, "A simplicidade é a sofisticação final". Projetar uma interface de usuário que considere os objetivos dos usuários, sejam eles vastos ou poucos, e ofereça os meios mais simples de alcançar esses objetivos, é a altura da sofisticação do design. (Pressman, 2002)

Observando o carro fictício dos Simpsons, "o Homer", percebe-se que a criação é um conjunto de desejos do usuário. O design final inclui um grande porta-bebidas, uma pequena bola no topo da antena, uma mascote de boliche no capô, um chifre que toca *La Cucaracha*, uma bolha à prova de som para passageiros jovens, um enorme motor e grandes aletas em forma de *spoilers*.

A torradeira não oferece itens desnecessários, com um projeto que caracteriza somente três funções simples: tostar por um período de tempo escolhido, reaquecimento e descongelar. Os usuários também têm acesso a um botão "cancelar" para interromper o comando anterior. Cada botão de função recebe uma etiqueta clara evitando qualquer simbolismo ambíguo. Fornecer aos usuários um número limitado de opções garante que eles não precisam gastar desnecessariamente um tempo precioso e limitado, tornando a tarefa a mais simples possível (Figura 35).



Figura 35 – Simplicidade X complexidade (Fonte: site <http://www.google.com.br>)

Uma das maneiras de se conseguir simplicidade é limitando as opções dos usuários. Um grupo de estudiosos do design (Estados Unidos da América Patente N° US6564202 B1, 2003) identificou nossa tendência de detectar apenas aquelas coisas que são relevantes para nosso

objetivo atual. Eles chamaram isso de "*following the scent of information* - seguindo o cheiro da informação".

As melhores interfaces conduzem os usuários através de uma indicação clara das etapas individuais necessárias para completar as metas do sistema. Isto pode ser conseguido fazendo com que o objetivo tenha um "cheiro ou perfume" forte.

As telas precisam ser organizadas e apresentar as informações essenciais em uma visão clara. Este conceito se aplica à concepção da torradeira do exemplo anterior. Pontos focais limitados, informações relevantes e forte "perfume" são aparentes na interface do usuário com ações de objetivo bem rotulado.

Norman e Draper (Norman & Draper, 1986) definiram o termo "Golfo de Execução", que se refere essencialmente à lacuna entre as ações para o atingimento de um objetivo e o que as ferramentas disponíveis permitirão ao usuário atingir.

Os usuários têm que traduzir seus objetivos em termos das limitações, ou capacidades, do conjunto de ferramentas disponíveis. A torradeira da figura anterior tem um "Golfo de Execução" muito estreito, já que o número de objetivos (tostar o pão em graus variados) é baixo e os meios para alcançá-los são poucos.

Aumentar o número de meios de atingir um número limitado de metas do sistema cria complicações desnecessárias. Sistemas bem-sucedidos são projetados com a meta principal dos usuários em mente e levam em consideração os limites da memória humana e a quantidade de atenção alocada para objetivos simples.

Schneider e Shiffrin (Shiffrin & Schneider, 1977) afirmam que o comportamento bem treinado se torna "automático". Isto se refere à propensão humana em realizar tarefas comuns e usuais com a quantidade mínima de alocação consciente de recursos cognitivos. A torradeira é simples de usar e requer poucas interações para atingir os objetivos. Portanto, interagir com a torradeira requer o mínimo de conscientização, levando ao "automatismo" na execução da ação e privilegiando os recursos de atenção, tão limitados, para outras tarefas.

O minimalismo é muitas vezes a chave para a simplicidade no design, especialmente quando o usuário espera que uma tarefa seja rápida e executada em segundo plano juntamente com outros objetivos e tarefas mais importantes.

4.2 Simplicidade na execução

Simplificar a estrutura de uma tarefa complexa pode auxiliar o desempenho do usuário. Por exemplo, a mudança dos cadarços para velcro reduz o número de ações necessárias para garantir o uso seguro do calçado (Figura 36).



Figura 36 – Exemplo de facilidade de execução (Fonte: site [http:// www.interaction-design.org](http://www.interaction-design.org))

O professor e pesquisador Don Norman delineou uma série de maneiras com as quais os projetistas de sistemas podem transformar tarefas difíceis em tarefas simples. Sua teoria busca a simplificação da estrutura de tarefas para manter a resolução de problemas e o planejamento ao mínimo, pois são processos cognitivos exigentes e demorados (Norman D. A., 2013).

Ao mudar tarefas complexas, deve-se apontar os esforços para suportar as limitações da memória humana. Por exemplo, garantir que o usuário nunca tenha de se lembrar de mais de quatro ou cinco itens, ou partes, ajuda a reduzir a carga colocada na memória de curto prazo do usuário que é limitada e falível. (Glanzer & Cunitz, 1966)

Os projetos de interfaces também devem suportar a memória de longo prazo de formas mais abstratas, como organizar informações em hierarquias, que podem ser estabelecidas de acordo com a frequência com que determinadas operações são realizadas ou de acordo com a convenção.

Apresentar ao usuário informações logicamente organizadas garante que o design não entre em conflito com suas expectativas. Um vocabulário ilógico ou desconhecido, um grupo de símbolos, arranjos, estruturas ou qualquer outra característica do sistema pode impedir a assimilação de novas informações nos esquemas existentes.

Extrapolando de uma instância para outra instância semelhante significa que o usuário não tem que formar novos modelos mentais ou esquemas para cada experiência individual. O

design do sistema pode ajudar a simplificar tarefas complexas, mantendo padrões de design consistentes, lógicos e interativos.

Há uma série de métodos que podem ser empregados no projeto do sistema para suportar as limitações humanas. Simplificar, reestruturar, automatizar ou alterar a natureza da tarefa e fazer o que for necessário para melhorar a usabilidade geral, pois na sua grande maioria, todos os usuários estão ligados, em graus variados, pelas mesmas limitações da cognição humana.

4.3 Fragmentação

“Fragmentação” é uma característica da memória de curto prazo que se refere aos grupos de informação de forma individual a partir de uma série de dígitos, letras, sílabas ou palavras ao executar uma tarefa de memória. Supõe-se que esses fragmentos de informação são formados com base em alguma relação subjacente, semântica ou perceptual. Esses pedaços podem ser altamente subjetivos, com conexão de item com base em algum significado pessoal.

A capacidade de atenção do ser humano é limitada e os usuários precisam que tarefas como a inserção de dados longos, por exemplo, sejam rápidas e intuitivas.

Como pode ser visto no exemplo a seguir, o painel de entrada de dados da esquerda claramente coloca significativamente mais demanda sobre os recursos cognitivos dos usuários do que o painel à direita (Figura 37). Quando os usuários preenchem dados longos, é melhor restringir o tamanho dos espaços de acordo com o número de caracteres que podem ser inseridos. Por exemplo, números de cartão de crédito possuem geralmente dezesseis caracteres, por isso é prudente projetar a área de entrada de dados com apenas dezesseis espaços.

The figure consists of two screenshots. The left screenshot is a 'Sales Order / Invoice Entry' window. It features a top navigation bar with tabs: '1. Billing Information', '2. Credit, Terms, Tax & Comm.', '3. Details', and '4. Availability and Alternate Items'. Below this, there are several rows of form fields. The 'Customer' section includes fields for 'Customer' (SIMP0188), 'Contact' (Freddy Owens), and 'Ship To' (Simpson, Clarence). The 'Address' section has two rows, each with 'Address 1', 'Address 2', 'City', 'St.', 'Country', and 'Zip' fields. The 'Customer Note' field contains the text 'Friend of a friend'. The 'Cust. PO No.' field contains 'JONES, JIM' and the 'Zone' field contains '127'. The right screenshot is a 'Change Customer Credit Card Information' dialog box. It has two radio buttons: 'Swipe Customer Card Now' (selected) and 'Manual Card Entry'. Under 'Manual Card Entry', there are fields for 'Card Number' (with 16 individual input boxes), 'Expires Month' (with 12 boxes), and 'Expires Year' (with 4 boxes). There is also a field for 'V Code from back of card' (with 4 boxes). At the bottom, there are 'Reset', 'OK', and 'Cancel' buttons.

Figura 37 – Exemplo de introdução de dados fragmentados (Fonte: site [http:// www.interaction-design.org](http://www.interaction-design.org))

George Miller⁷ realizou uma série de testes de lembrança para determinar a capacidade de memória de curto prazo. A partir dessas investigações, ele concluiu que o intervalo de capacidade de memória de curto prazo é entre 5 e 9 itens, obtendo-se então a média 7 mais ou menos 2. No entanto, Glazer e Clint alertaram para o "efeito de posição serial" neste estudo (Glanzer & Cunitz, 1966).

O efeito da posição serial refere-se ao aumento da taxa de recordação de itens que aparecem no início e no final de uma lista de itens. Alguns testes de lembrança de itens para avaliar se estes são efeitos duradouros após uma tarefa distrativa, entre as fases de estudo e de teste. Os resultados mostraram que os itens estudados primeiro estavam presentes na memória mesmo após 30 segundos da interferência na tarefa, mas os itens finais não estavam mais presentes.

Com isso Glanzer e Cunitz concluíram que a estimativa da capacidade de memória humana de curto prazo de George Miller, "Número Mágico 7 + ou - 2" era excessivamente otimista, e um número mais preciso provavelmente será de três a quatro "fragmentos" de informação (Glanzer & Cunitz, 1966).

Os elementos da interface do usuário que exigem que os usuários relembrem listas de itens, letras ou dígitos devem ser projetados para que as caixas de entrada de dados sejam divididas nos pedaços que correspondem às informações que os usuários devem entrar.

Por exemplo, a imagem à esquerda mostra uma caixa de entrada de número de cartão de crédito longa que não corresponde à forma como o número aparece fisicamente nos cartões de crédito. Se os usuários tiverem memorizado os detalhes do seu cartão de crédito, refletindo a forma como os números aparecem no corpo do cartão, o método de entrada da segunda imagem pode ajudar o usuário no preenchimento dos dados.

Combinar a maneira como as informações aparecem no mundo físico muitas vezes podem ajudar a desencadear memórias formadas através de interações físicas com o mundo real.

4.4 Chamando a atenção do usuário

A natureza mutável das atividades diárias com a proliferação das interfaces digitais ocasiona uma grande mudança na forma como as pessoas absorvem e interagem com as informações, fazendo com que os usuários evoluam sua maneira de buscar a informação.

⁷ George Armitage Miller (3 de fevereiro de 1920 - 22 de julho de 2012) foi um psicólogo americano que foi um dos fundadores do campo de psicologia cognitiva. Ele também contribuiu para o nascimento da psicolinguística e da ciência cognitiva em geral.

Percebe-se que cada vez mais o usuário está escaneando partes de texto ou imagens para localizar informações relevantes. Com essa mudança geral nas atividades de leitura, o uso do "destaque" está se tornando uma técnica cada vez mais popular no design da interface para atrair a atenção do usuário para informações relevantes.

O “Efeito Von Restorff” afirma que itens distintivos, que se sobressaem de seus arredores, são lembrados com maior frequência do que itens similarmente combinados. Os primeiros estudos sobre este tema que forneceram uma validação de rastreamento ocular do Efeito Von Restorff, destacou que a atenção dos usuários é diferencialmente afetada pela presença de texto ou imagem destacados (Chi, Hong, Heiser, Card, & Gumbrecht, 2007).

Chi et al desenvolveram o “*ScentHighlights*”, um tipo de design de destaque que trabalha em dois níveis:

1. Palavra concomitante: modela a rede semântica subjacente aos corpos de texto.
2. Ativação de propagação: modela a natureza da memória humana e da recuperação conceitual.

Estas duas técnicas de realce são baseadas em duas observações diferentes. A concomitância de palavras gera destaques através da computação conceitual de palavras-chave, na qual palavras comuns são marcadas.

Por exemplo, na imagem a seguir (Figura 38), observa-se a barra de pesquisa na qual os usuários inserem pesquisa de palavras-chave como "*Anthrax Symptoms*". Quando esses termos são inseridos, um número de palavras relacionadas também é destacado (em cinza), neste caso sintomas comuns como "*stuffiness*", "*twinges*", "*nasal*", "*joints*" e "*fatigue*".

A ativação de propagação é uma técnica que foi usada na pesquisa psicológica durante os anos 80 para replicar a maneira na qual os seres humanos recuperam pedaços da memória no cérebro.

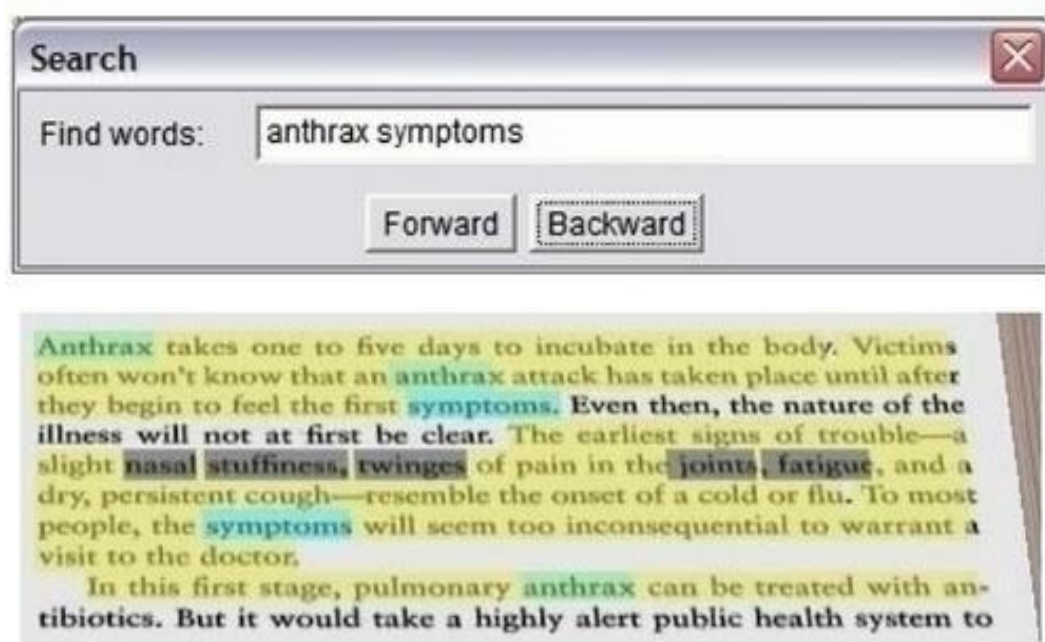


Figura 38 – Destaque por assunto (Fonte: (38))

O estudo de rastreamento ocular (Chi, Hong, Heiser, Card, & Gumbrecht, 2007) mostrou evidência significativa do Efeito Von Restorff, uma vez que os usuários eram muito mais propensos a focar nas áreas destacadas do que nas áreas não destacadas do texto, sugerindo que a distinção leva à atenção diferencial.

Na condição de destaque direcionado, as primeiras fixações do olhar dos usuários foram localizadas diretamente em campos realçados em 10 das 24 ocasiões (41,7% do tempo) e em 7 das 24 ocasiões (29,2% do tempo) os usuários direcionaram sua atenção “quase” diretamente para as áreas em destaque. Portanto, em combinação, os usuários direcionaram sua atenção para áreas destacadas em 70,8% do tempo, dentro de suas primeiras duas fixações oculares. Isso contrastava com a condição de "destaque somente de palavras-chave", que mostrava os usuários fixando o olhar em ou perto de campos realçados em 40,3% do tempo. No total, de 2.259 fixações, 1.184 aconteceram dentro dos campos destacados que representam um significativo 52,4%. Chi et al concluíram que “*ScenHighlights*” fornece um método eficiente para atrair a atenção dos usuários para passagens e termos relevantes dentro do texto eletrônico, que também é superior ao destaque de palavras-chave apenas.

Estes resultados podem ser aplicados à concepção de motores de busca ou qualquer design interativo de navegação que apresente aos usuários áreas substanciais de texto ou informações importantes, onde se deve isolar informações relevantes.

Com a evolução dos estilos de leitura, em linha com a proliferação e dominância dos materiais de leitura digital, os espaços de trabalho digitais devem permitir a leitura produtiva. “*ScentHighlights*” oferece uma nova maneira de chamar a atenção dos usuários para áreas específicas e termos que se relacionam com suas pesquisas. Portanto, este método de realce pode potencialmente ser aplicado ao design de interface para reduzir o tempo que os usuários têm para inspecionar um texto ou uma imagem, a fim de localizar informações relevantes, o que deve aumentar a sua produtividade.

4.5 Atenção seletiva

Os usuários evoluíram sua capacidade de buscar as informações seletivamente, dirigindo a sua atenção de modo a filtrar o conteúdo irrelevante. Essa capacidade apresenta um problema sério para os desenvolvedores de interfaces, pois é um desafio cada vez maior chamar a atenção dos usuários para as informações mais importantes nos momentos mais importantes.

À medida que as tecnologias se desenvolvem, os usuários evoluem em resposta a essas mudanças. Um exemplo é mostrado na sua capacidade de ignorar certas áreas de uma interface. Este fenômeno conhecido como “cegueira de *banner*” é assim chamado porque as propagandas são tipicamente exibidas ao longo do topo, ou *banner*, de uma página da web e estudos de rastreamento de olhos mostraram que os usuários raramente dirigem seu olhar para esta área, como pode ser visto na figura a seguir (Figura 39).



Figura 39 – Estudo de rastreamento ocular (Fonte: site <http://www.interaction-design.org>)

Jakob Nielsen, reconhecido como o criador do termo “cegueira de *banner*”, identificou no seu estudo em 1997 (Nielsen, *Banner Blindness: Old and New Findings*, 2007) a extensão

da cegueira de usuários para algumas áreas de visualização. A cegueira representa uma forma de atenção visual focalizada, que pode ser pensada como um foco que emana dos olhos de um indivíduo. O ponto onde o foco está localizado é onde a atenção está focada. Pode-se então mudar a atenção direcionando o foco para uma nova região, e qualquer coisa fora do foco é ignorada ou negligenciada.

O destaque focal refere-se essencialmente à fisiologia do olho humano, uma vez que a fóvea, localizada na parte posterior do olho, ocupa uma área relativamente pequena no centro da retina, mas possui aproximadamente 50% das fibras nervosas ópticas transportam informação para os córtices visuais a partir de esta região.

A localização centralizada da fóvea dá origem à natureza seletiva da visão humana, visto que a informação vista no centro do olhar é vista com acuidade muito maior do que a informação que aparece na periferia.

Eriksen e St James compararam o ato de focalizar a atenção como uma lente de câmera, com a área de atenção focal aumentada ou diminuída de acordo com as variações nas regiões que requerem maior atenção (Eriksen & St. Jame, 1986). Seu modelo “zoom de câmera” sugere que o ser humano pode focar em uma característica particular e em seguida, focar para fora para ver o todo ou o objeto ou a cena.

A “cegueira de *banner*” ou “atenção visual focalizada” apresenta um desafio constante para os desenvolvedores de interfaces na definição do arranjo de informações dentro de telas. Entretanto, o olho humano é adaptado para detectar o movimento na periferia, isto justifica a razão para se incluir imagens móveis nas periferias das telas. Medidas podem e devem ser implementadas para explorar as sensibilidades do olho humano para informações que aparecem na periferia.

4.6 Consistência

Para realizar o desenvolvimento de telas e funcionalidades de forma consistente, o designer deve estabelecer normas e cumpri-las, caso contrário a produtividade dos usuários tende a se degradar. Por exemplo, a colocação de botões dentro da interface gráfica do usuário é importante à medida que os usuários se habituem a essas informações e as seleções se tornam automáticas.

A importância da consistência não deve ser subestimada, pois os usuários se acostumam à localização de funções importantes após exposições e utilização repetidas. Alterar o

posicionamento dos itens leva a erros, já que as estruturas de página não seguem expectativas previamente reforçadas.

Mover botões de função pode levar a erros significativos como usuários selecionando inconscientemente funções incorretas após uma troca de posicionamento de botões. É necessário manter as posições dos botões de acesso e comandos em diferentes páginas para evitar erros. No entanto, se é importante que os usuários não façam seleções automaticamente, como clicar repetidamente em “OK” durante uma tarefa repetitiva, provavelmente é melhor mover todos os botões para que eles tenham que tratar qualquer nova informação antes que eles possam prosseguir.

A inconsistência no design pode interferir no desempenho e na segurança das ações. Pesquisas sobre transferências de habilidades demonstraram que um procedimento pode interferir no outro. Além disso, este efeito é exacerbado quando os procedimentos são semelhantes ou é uma habilidade usual e arraigada. Lewis, McAllister e Adams por exemplo, investigaram o efeito de uma interferência no desempenho de um motor usando um simulador de voo usado durante a Segunda Guerra Mundial para selecionar pilotos de aeronaves (Lewis, McAllister, & Adams, 1951).

Os pilotos tiveram que operar o simulador através de uma alavanca de controle com movimento bidimensional, e um pedal (leme), permitindo apenas um movimento unidimensional. Durante a fase inicial, os indivíduos foram informados sobre até onde eles deveriam mover os dois controles através de um display contendo um conjunto de sinais luminosos. Os pilotos foram submetidos a trinta ensaios durante esta fase, aprendendo a operar os controles de acordo com os sinais luminosos.

Após esta fase de ensaio os indivíduos foram obrigados a realizar manobras antagônicas aos movimentos originais. Os indivíduos foram divididos em quatro grupos diferentes, de acordo com o número de ensaios realizados na segunda fase. Estes grupos realizaram 10, 20, 30 ou 50 ensaios. Quando estes ensaios foram completados, cada indivíduo foi então testado no método original de controle do simulador de voo.

Lewis et al observaram que os pilotos eram visivelmente piores na habilidade original, quando seguida da tarefa com interferência, e a diminuição nos níveis de desempenho foi progressivamente pior de acordo com o número crescente de ensaios executados na fase inicial. Portanto, as tarefas intermédias que requerem habilidades motoras semelhantes podem afetar negativamente os níveis de desempenho encontrados para a tarefa original.

Design de interface do usuário inconsistente pode ser uma fonte de falhas. A inconsistência pode induzir mais erros e diminuir o desempenho da tarefa à medida que a

habilidade dominante é interrompida, forçando o usuário a recorrer a um modo de operação mais consciente e que exige mais esforço. Se o usuário tentar realizar tarefas rapidamente, o método treinado pode ser selecionado erroneamente, resultando em uma série de erros que o usuário deve identificar e corrigir.

A imagem a seguir (Figura 40) apresenta um exemplo simples de falha de consistência que pode levar o usuário a interpretar resultados de maneira equivocada em função do posicionamento diferente de informações em abas diferentes de um software. As colunas de “Auto avaliação” e do “Avaliador” são posicionadas de maneira invertida em cada uma das abas.

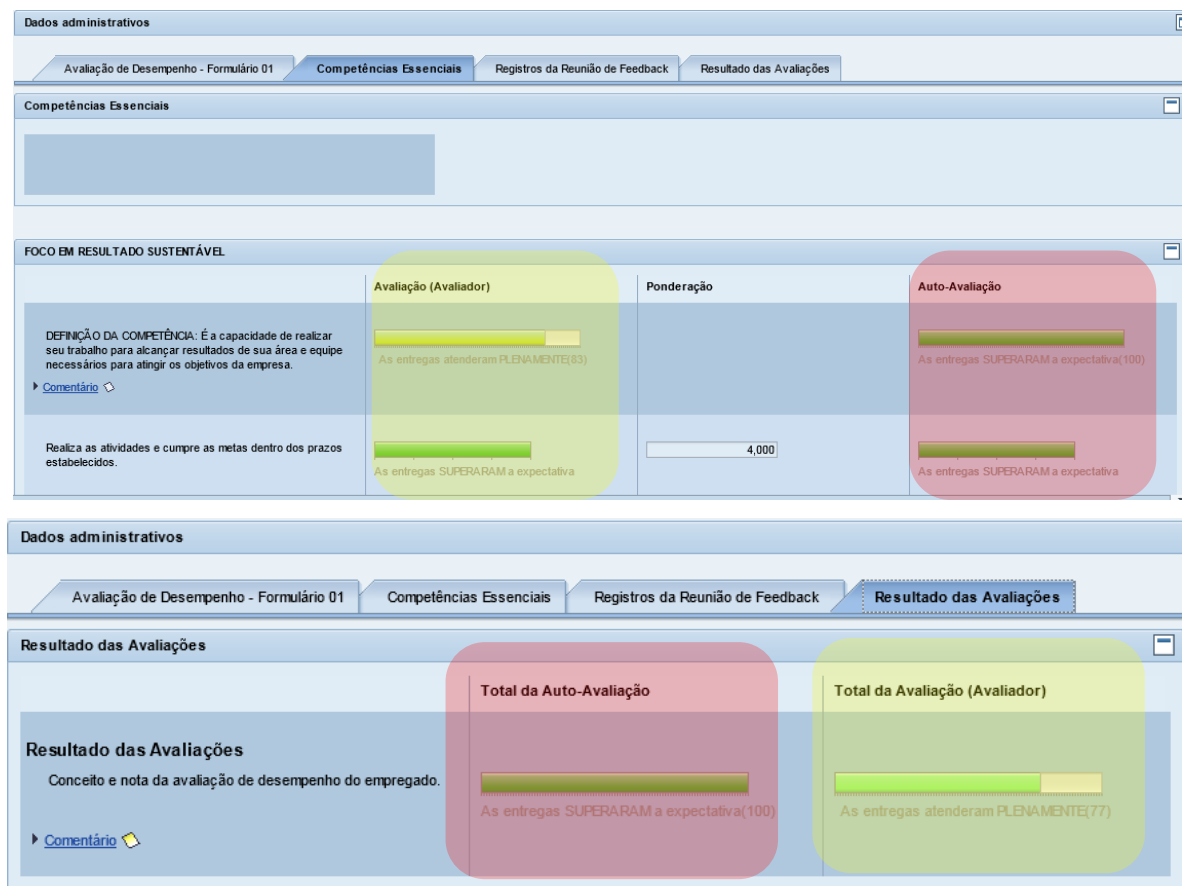


Figura 40 – Exemplo de falha de consistência (Fonte: SAP®)

5 Casos Reais de Falha de Design

5.1 O voo 92 da British Midlands

No dia 8 de janeiro de 1989, o voo 92 da *British Midlands* caiu na autoestrada M1 perto de Kegworth, Leicestershire, enquanto tentava fazer uma aterrissagem de emergência no aeroporto de East Midlands.

Dos 146 passageiros e da tripulação a bordo 47 perderam a vida e 74 sofreram lesões graves. Durante o voo programado de Londres para Belfast, Irlanda do Norte, uma lâmina soltou-se das hélices do motor esquerdo fazendo com que o avião balançasse fortemente e a cabine fosse preenchida com um forte cheiro de fumaça.

O Boeing 737-400 só tinha voado por 520 horas antes do acidente e com pilotos inexperientes com o novo design. Nos modelos 737 anteriores, o conjunto de ar condicionado esquerdo, alimentado com ar do compressor do motor esquerdo, fornecia ar aos ambientes comuns do avião, enquanto o conjunto de ar condicionado direito, alimentado pelo motor direito, fornecia ar à cabine de comando.

Portanto, devido à experiência com o projeto anterior do Boeing os pilotos assumiram que, como o cheiro de fumaça estava dentro da cabine o problema deveria estar localizado no motor direito. Entretanto, no novo modelo o conjunto esquerdo alimentava a cabine e a zona traseira do avião, enquanto o conjunto direito alimentava a parte dianteira da aeronave.

Embora os passageiros e a tripulação pudessem ver que o problema estava localizado no motor esquerdo eles imaginaram que os pilotos também sabiam e não os informaram o que podiam ver.

Depois que os pilotos desligaram o motor direito, a vibração e a fumaça diminuíram, devido à redução na quantidade de combustível que estava sendo enviada para o motor esquerdo, que estava pegando fogo e produzindo a fumaça na cabine. Ao tentar fazer o pouso de emergência os pilotos injetaram mais combustível para manter a velocidade. Isto resultou na explosão do motor defeituoso que se desligou completamente. Com o motor esquerdo defeituoso ligado e o motor direito desligado, o avião começou a cair livremente, chocando-se contra a autoestrada pouco antes da pista de aterrissagem ser liberada para sua aterrissagem de emergência.

Uma das principais fontes de informação que poderia ter ajudado os pilotos a determinar qual o motor tinha sofrido danos era o indicador de vibração, que exibe o nível de vibração nos motores esquerdo e direito. Antes que a fumaça entrasse na cabine, o mostrador do motor

esquerdo atingira o valor máximo. Os indicadores de vibração nos modelos 737 anteriores eram notoriamente pouco confiáveis, de modo que os pilotos geralmente ignoravam a informação. No entanto, os indicadores do 737-400 eram altamente precisos. Infelizmente, embora a nova tecnologia tenha sido muito melhorada a interface do usuário não foi consistente com os desenhos anteriores.

Os designers se esqueceram das necessidades dos usuários e como eles perceberiam e usariam as informações exibidas. Dentre os mais relevantes princípios de design de interface de usuário está a necessidade de se concentrar nos usuários e suas tarefas e não somente na tecnologia. Se os designers 737-400 tivessem seguido este princípio, a tecnologia melhorada teria se refletido em uma interface de usuário aprimorada e precisa.

Em vez disso, o design do painel de informações era pior. Como pode ser visto na imagem à direita a seguir (Figura 41), os ponteiros indicadores foram trocados por linhas pontilhadas que podem passar despercebidas, localizadas na parte externa dos mostradores.

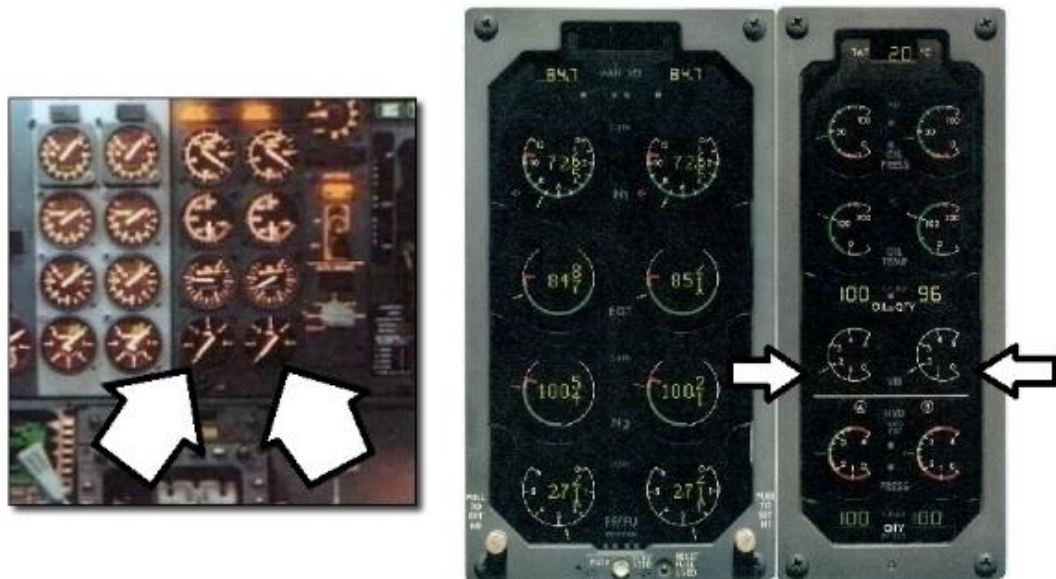


Figura 41 – Painéis antigos (esquerda) e novos (direita) do 737 (Fonte: site <http://www.interaction-design.org>)

Isto era um contraste com o desenho anterior onde o ponteiro era uma linha contínua no centro do mostrador, com um design muito mais visível. Em um veículo vibratório com muitas outras informações a serem consideradas e a experiência anterior com outros 737, o projeto precisava ser o mais claro quanto possível dentro da interface do usuário.

O projeto era tão pobre, que o indicador de indicação de vibração do motor esquerdo atingiu o fim de escala por três minutos, claramente mostrando que o design do indicador simplesmente não era visível, ou não chamava a atenção dos pilotos de maneira satisfatória.

Esta informação vital poderia ter ajudado os pilotos a desligar o motor correto, mas a experiência ruim com a tecnologia anterior em relação aos indicadores de vibração juntamente com a interface do usuário mal projetada fez com que esta informação fosse ignorada.

Este trágico acidente destaca a importância do design da interface do usuário. Quando existem fatores situacionais e visuais extremos que afetam o julgamento do usuário é essencial que a informação mais significativa seja tão proeminente dentro da interface de usuário quanto possível. Não podia ser esperado que os pilotos vissem as pequenas linhas pontilhadas indicando níveis de vibração nos motores enquanto a cabine estava se enchendo de fumaça e tremendo violentamente.

Concluindo, as informações mais importantes devem ser destacadas e "imperdíveis" dentro da interface do usuário. Esperar que os usuários monitorem toda a interface para identificar e extrair informações essenciais é um sinal de que o projeto não considera as demandas do usuário. Sempre que possível, as informações devem caber em uma hierarquia visual, onde os medidores, mostradores, telas e etc. mais importantes sejam os mais destacados dentro da interface e informações progressivamente menos importantes devem ser reduzidas conforme o grau de importância.

5.2 O navio USS Vincennes

Em 3 de julho de 1988, o navio americano USS Vincennes derrubou um avião civil iraniano sobre o Golfo Pérsico, ocasionando a morte de todos os 290 passageiros e tripulantes. O Airbus foi confundido pelos operadores do sistema de rastreamento com um F-14 Tomcat. Este erro causou um incidente internacional entre a República Islâmica do Irã e os EUA, no meio da guerra do Iraque.

Sob o comando do Capitão Will Rogers III, o USS Vincennes disparou dois mísseis guiados por radar em direção ao avião civil. Rogers afirmou que o ataque foi iniciado depois que o USS Vincennes foi atacado por oito canhões iranianos.

A falha foi atribuída, em parte, a uma interface de usuário confusa. Para rastrear objetos no radar do navio o operador tinha que selecionar o item com um cursor e chamar informações relacionadas ao objeto – por exemplo se o objeto era uma ameaça ou era amigável - usando cursores distintos.

Este design colocou demanda desnecessária sobre os usuários quando eles tinham que recordar qual cursor estaria relacionado ao objeto rastreado e qual estaria relacionado com as informações exibidas. Nesta ocasião o operador tinha selecionado um objeto distante e a

informação na interface de usuário classificou o veículo como um avião de caça. No entanto, o outro cursor estava realmente rastreando o avião civil voando nas proximidades. O capitão Rogers pensou que estava escutando o avião de guerra, mas infelizmente as informações estavam realmente relacionadas ao F-14 estacionado a quilômetros de distância do navio.

O operador também teve que realizar cálculos de altitude para determinar se os objetos rastreados estavam subindo ou descendo. Para calcular as altitudes de objetos estranhos, o operador precisava ler a informação em uma pequena tela, registrá-la em papel ou tentar mantê-la na memória de curto prazo, depois fazer uma nova leitura e calcular, a partir das duas informações, se a aeronave estava se distanciando ou se aproximando. Isto representava uma tarefa complexa na medida que o operador tinha que manter uma leitura na memória de curto prazo, fazer uma leitura adicional e subtrair uma da outra.

Quando a informação é recebida primeiramente através do sistema visual humano ela é armazenada como uma memória fotográfica. Estas memórias sensoriais podem armazenar vastas quantidades de informação, mas são propensas à decadência rápida e ao esquecimento. Percepção é o processo inconsciente de organizar, identificar e interpretar informações sensoriais para formar representações e dar sentido ao ambiente.

A percepção ocorre através de sinais no sistema nervoso, que são gerados pela estimulação dos órgãos sensoriais durante as interações com o entorno. A percepção é dependente da atenção, que é um recurso cognitivo muito limitado e disponível apenas a alguns processos cognitivos ao mesmo tempo. O operador teve que realizar cálculos em uma situação de alta pressão com um número de distrações e informações sensoriais “lutando” por sua atenção.

Além da rápida decadência da memória fotográfica, alguns estudos têm mostrado os limites da capacidade de memória a curto prazo humana. Sperling conduziu uma experiência visual para determinar a existência da memória sensorial humana e, em caso afirmativo, a sua capacidade (Sperling, 1960).

Os avaliados foram solicitados a fixar o olhar em um ponto no centro de uma tela e em seguida listas de letras foram projetadas por um período muito breve (50 milissegundos). O método usual envolvia um procedimento de "relatório completo", no qual os indivíduos deveriam tentar se lembrar de todas as letras dentro da lista. No entanto, Sperling usou o procedimento de "relatório parcial", onde os participantes foram expostos a três linhas de quatro letras e tiveram que recordar o maior número de letras de apenas uma linha.

Sperling determinou que, como os indivíduos não sabiam de qual linha eles teriam que se lembrar, eles teriam que armazenar todas as linhas. Os resultados mostraram que os

participantes lembraram um pouco mais de três letras, em média, independentemente da linha que tinham de recuperar da memória. Sperling concluiu que isso representava uma capacidade de memória de curto prazo equivalente a nove itens, já que os sujeitos não sabiam qual linha eles iriam precisar reter (assim 3 itens x 3 linhas = uma capacidade 9).

Supõe-se que o sistema de memória de curto prazo do operador do USS Vincennes estaria sob grande tensão enquanto tentava memorizar a leitura de altitude inicial, já que a sequência de dígitos teria flutuado de acordo com a posição do objeto rastreado, limitando a quantidade de tempo disponível para codificação. Além disso, o número de dígitos contidos dentro da leitura inicial estava provavelmente no limite da capacidade de memória de curto prazo. O operador então teve que reter a segunda leitura de altitude na memória de curto prazo, colocando uma demanda ainda maior sobre a capacidade limitada da memória de curto prazo.

Embora o capitão do navio tenha sido bastante criticado por ter sido muito agressivo ao agir baseado em uma informação com falha, um design mais bem elaborado poderia ter removido a responsabilidade do operador de realizar cálculos de altitude manualmente. Portanto, a complexa tarefa de reter dois conjuntos de números e subtrair um do outro, para calcular a altitude dos objetos rastreados, foi considerada um fator importante que contribuiu para o disparo dos mísseis no Airbus.

Em resumo, os erros que levaram à decisão desastrosa de disparar dois mísseis na aeronave civil poderiam ter sido evitados se o design apoiasse melhor o operador. A implementação de alguns meios de exibição das altitudes ao longo do tempo teria reduzido o número de itens que o operador tinha que manter em sua limitada memória e lhe daria mais tempo para codificar as leituras separadas, o que poderia potencialmente ter evitado o erro fatal de cálculo que sugeriu que a aeronave estava descendo para o navio americano.

Além disso, projetar um sistema de cursores que instantaneamente determinasse qual conjunto de informações estava relacionado ao objeto selecionado poderia ter evitado o erro de rastreamento que considerou uma aeronave a quilômetros de distância como uma ameaça. Portanto, as interfaces de usuário devem suportar os sistemas de memória falível caso contrário poderá haver um escopo considerável para o erro, que às vezes pode ser fatal.

5.3 O desastre nuclear da usina de *Three Mile Island*

Em 1979, um desastre nuclear na usina *Three Mile Island*, no estado da Pensilvânia nos Estados Unidos, é de particular interesse para os designers de interface, uma vez que o painel de controle foi considerado um dos principais fatores contribuintes para a fusão nuclear parcial.

Foi um dos piores acidentes nucleares na história da energia nuclear comercial com pequenas quantidades de materiais radioativos liberados para o meio ambiente. As investigações foram realizadas para determinar a causa exata da fusão nuclear e concluiu-se que uma válvula de alívio controlado de pressão estava presa na posição aberta, permitindo que grandes quantidades de líquido de refrigeração do reator nuclear escapassem do sistema.

Durante as investigações foi identificado que o design do painel de controle foi considerado um dos principais fatores contribuintes para a fusão nuclear parcial. A válvula foi aberta e fechada pelos operadores que a controlavam através de um painel de controle.

Muitos disseram que os operadores eram os culpados pelo acidente, pois interpretaram mal as informações transmitidas através da interface. No entanto, houve uma falha com a válvula uma vez que o painel de controle indicou que ela estava fechada quando na verdade ela estava realmente na posição aberta.

A informação fornecida pelo painel de controle era na verdade apenas um indicador do sinal elétrico para a válvula e não a posição da válvula. Os operadores tinham sido informados que o sistema funcionava desta forma e que as informações não eram um indicador da posição da válvula.

Os operadores acreditaram que a válvula ainda estava na posição fechada uma vez que a luz no painel de controle tinha desligado, mas infelizmente a informação significava somente que o sinal elétrico tinha sido interrompido e que a válvula estava na verdade aberta.

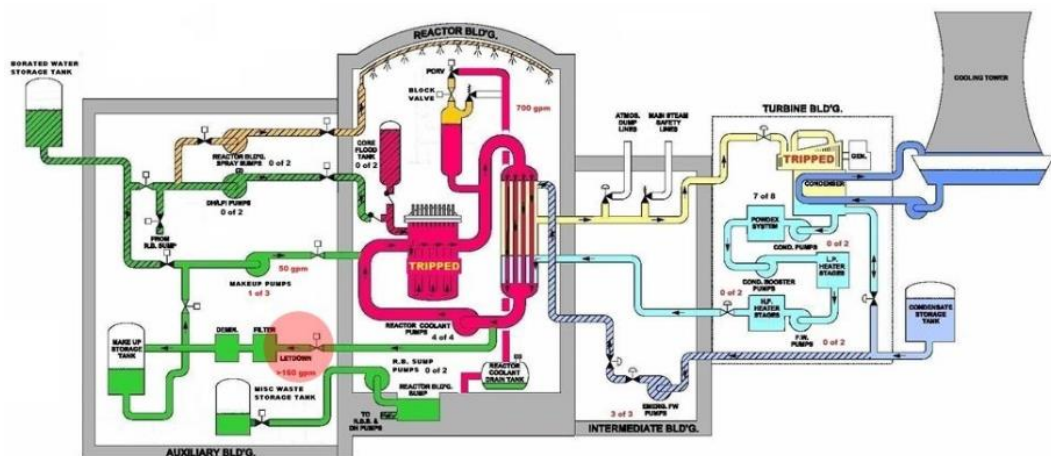


Figura 42 – Válvula defeituosa do reator número 2 da usina nuclear (Fonte: site <http://allthingsnuclear.org/dlochbaum/nuclear-plant-accidents-three-mile-island>)

Este desastre nuclear destaca a importância de se projetar interfaces de usuário para que as informações representem o status das funções que eles controlam. Se o painel de controle tivesse sido concebido de modo a que a informação estivesse diretamente relacionada com a

posição da válvula, os operadores poderiam ter detectado que a válvula estava aberta e poderiam ter assegurado o seu retorno à posição fechada, evitando que o líquido de refrigeração escapasse. Portanto, o design deve levar em consideração a forma como os usuários esperam que os dispositivos funcionem e refletir isso adequadamente na interface do usuário.

6 A Integração do Design ao Usuário

6.1 Quais são as necessidades do usuário?

Ao adotar uma abordagem de design centrada no usuário, um dos principais objetivos é estabelecer as necessidades dos usuários em foco. Determinar exatamente o que o usuário precisa não é simplesmente uma questão de perguntar a uma amostra dos usuários pretendidos "quais são as necessidades do seu produto?". Isto pode até ser verdadeiro quando se lida com produtos pioneiros ou quando se está tentando gerar ideias ou soluções alternativas para um problema de design.

Além disso, os usuários muitas vezes sabem o que eles querem, mas eles têm pouca noção se sua ideia é viável, dado o impacto que poderia ter sobre outros elementos do projeto ou o quanto pode custar a sua implementação. Quando os usuários têm pouca ou nenhuma experiência de design, eles provavelmente terão problemas de falta de recursos ou de "requisitos" de design.

Se o usuário não sabe o que está disponível, como eles podem dizer exatamente o que eles precisam? Portanto, estabelecer as necessidades do usuário é um processo que envolve, em grande parte, questionamentos aos próprios designers.

Por exemplo, quais são os usuários que o produto tenta alcançar? A base de usuários tem alguma característica específica, como deficiências cognitivas ou motoras, trabalho em turno, atividade sobre extrema pressão? Se existe um produto similar no mercado, existem métodos alternativos disponíveis que possam ajudar os utilizadores a cumprir os seus objetivos com mais eficácia? O que pode ser feito para tornar a experiência do usuário mais agradável? Já foram detectados problemas de usabilidade em um design semelhante?

Ao responder a essas perguntas e muitas outras que sem dúvida surgem ao longo do processo de design, as necessidades dos usuários devem se tornar mais aparentes. No entanto, de maneira alguma deve-se sugerir que a opinião do usuário deve ser desconsiderada. Na verdade, o usuário pode revelar-se uma excelente fonte de contribuição.

Quando se pergunta a uma pessoa o que ela espera de um colete salva-vidas, provavelmente ela vai responder: "Eu quero que ele não me deixe afogar!". Mas enquanto esta é a sua principal necessidade há uma série de outras diferentes, apoiando esta necessidade. Por exemplo, com que rapidez o usuário pode colocar o colete salva-vidas? Como o usuário segura o objeto? O quanto é fácil para utilizar o salva-vidas, dadas as circunstâncias estressantes em que a sua utilização aconteceria?

Portanto, embora o objetivo principal de um colete salva-vidas seja evitar o afogamento, há muitas coisas a considerar. Algumas delas podem não vir necessariamente à mente do usuário durante uma pesquisa ou estudo de grupo para preencher as lacunas nas necessidades identificadas pelos usuários durante as sessões de teste.

Alguns fatores importantes:

- **Experiência** - As necessidades de usuários inexperientes ou não familiarizados com o produto são muito diferentes daqueles com experiência. Por exemplo, no design de sistemas, os usuários mais experientes se adaptam rapidamente a novas funções. Por outro lado, os usuários menos experientes precisam de instruções e apoio mais explícitos para orientá-los em suas novas atividades.

- **Considerações físicas** - Há muitas ocasiões em que as características físicas dos usuários devem ser levadas em consideração. Por exemplo, quão grande são os usuários? Se você estiver projetando um produto como um colete salva-vidas, os usuários vão provavelmente variar no tamanho, assim é importante fornecer alguns meios de alterar o ajuste.

- **Considerações culturais** - Há diferenças claras e às vezes sutis entre culturas. Do mesmo modo que um turista deve respeitar essa diversidade cultural ao viajar pelo mundo, os designers precisam ser sensíveis aos fatores culturais que fazem parte da experiência do usuário. Há diferenças culturais na forma como as várias culturas aprendem que podem influenciar a rapidez com que o usuário é capaz de obter a compreensão necessária das informações apresentadas no produto. Portanto, é importante estabelecer as necessidades culturais de seus usuários e como eles podem diferir.

6.2 Como buscar projetos alternativos?

Ao se realizar os testes de usabilidade, uma vez que se identificou quem são os usuários e as partes interessadas e quais são as suas necessidades, a próxima questão que precisa ser enfrentada é como gerar ideias e soluções para os problemas de design colocados pelas partes interessadas. A maioria dos produtos tem seus precedentes, então provavelmente haverá um ou mais designs existentes com os quais se pode satisfazer as necessidades dos usuários, mas aceitar o design já usado pode muitas vezes significar que o designer ignora ou não procura gerar projetos alternativos, o que pode revelar-se mais adequado ou ajudar a distinguir o produto dos concorrentes.

Considerando as duas imagens a seguir (Figura 43) há muitas abordagens diferentes para a concepção de cadeiras de rodas. Esforçando-se para melhorar a cadeira de rodas regular, mostrada à esquerda, os designers estão potencialmente melhorando a vida dos usuários e oferecendo-lhes maior conforto, liberdade pessoal e sensação de bem-estar. Este exemplo mostra que expandir o design além dos projetos, abordagens e métodos existentes, pode gerar um enorme potencial para melhorar a vida dos usuários e sua produtividade.



Figura 43 – Projetos alternativos (Fonte: site [http:// www.interaction-design.org](http://www.interaction-design.org))

Se o designer escolhe uma abordagem mais difícil e tenta gerar suas próprias ideias e projetos alternativos, ele terá que encontrar uma maneira de exercitar sua criatividade caso contrário, o desenvolvedor vai se encontrar olhando para um pedaço de papel em branco.

Buscar uma abordagem alternativa é contar com o chamado “talento genial e criativo” dentro da equipe de design. Ao contrário de outras abordagens de design, o design genial não envolve uma fase formal de pesquisa envolvendo usuários ou avaliadores (especialistas pagos que assumem o papel de usuários). Em vez disso, o designer ou a equipe de design baseia-se na experiência pessoal e no conhecimento existente do comportamento humano, ambos na vida cotidiana e ao usar produtos, sistemas, aplicações e dispositivos. Os principais benefícios associados ao uso desta abordagem, identificados por Dan Saffer, são os seguintes (Saffer, 2009):

- Poupança de tempo - dependendo do conhecimento e da experiência do designer, ao invés de demandar que os usuários realizem uma série de tarefas para observar as suas interações, essa abordagem pode economizar tempo e é ideal quando o desenvolvedor está trabalhando dentro de um limite de prazo.
- Pureza da Visão - restringir o número de influências durante o processo de geração de ideias e soluções para problemas pode ajudar a manter o produto em linha com a visão original. Muitas pessoas envolvidas no processo, podem deixar a visão original

susceptível a se tornar cada vez mais diluída. A suposição é que os designs foram escolhidos pelos seus conhecimento e experiência. Dan Saffer sugere que, restringindo o processo de design à equipe de projeto, há potencial para avanços rápidos no produto, ao contrário de outros métodos, que dependem de uma abordagem mais prolongada e metódica.

- Flexibilidade - as restrições presentes em outras abordagens de projeto, como esperar pelos resultados de testes de usabilidade, não restringem o designer ao confiar no “design genial”. Os designers têm maior flexibilidade, permitindo-lhes perseguir ideias diferentes, testar soluções potenciais e gerar novas ideias e soluções se o caminho inicial se provar improdutivo.

- Apenas designers experientes - o design genial se baseia na suposição de que os responsáveis por um projeto têm conhecimento e experiência suficientes para tomar decisões corretas, gerar ideias e soluções permanecendo fiel à visão original. Portanto, escolher bons designers, com experiência comprovada para um projeto de design é extremamente importante, porém o que é um desafio principalmente para projetos em larga escala é que isso pode ser caro.

- Domínio de conhecimento necessário - um designer pode ter conhecimento e ter experiência de desenvolvimento de um determinado produto, mas isso não significa necessariamente que isto possa ser traduzido para um projeto diferente. Por esta razão, a adoção de uma abordagem de “design genial” só é recomendada quando a equipe é composta por designers experientes, com conhecimento abrangente da área específica de design.

- Pode dar errado - só porque se escolhe os melhores designers com dezenas ou mesmo centenas de anos de experiência entre eles, o sucesso não é garantido. Projetos podem ir por caminhos não intencionais e em última instância sair completamente fora do curso, o que pode custar muito dinheiro com muito pouco para entregar.

6.3 Como escolher entre vários projetos?

Após a geração de soluções alternativas de um mesmo projeto de design baseado na abordagem de projeto centrado no usuário, o designer precisa selecionar as melhores características, funções, estilos, layouts, etc. estabelecidos na fase inicial do projeto.

O processo de tomada de decisão é muitas vezes complexo e muitos fatores contribuintes diferentes devem ser considerados. As considerações mais importantes são as necessidades dos usuários e quão praticáveis são suas ideias, dada a tecnologia, custo e tempo disponíveis. No entanto, enquanto esses fatores balizam a tomada de decisão, a escolha entre

os projetos disponíveis também requer conhecimento e experiência de como cada elemento pode afetar a experiência do usuário (Preece, Rogers, & Sharp, 2005).

- Engenharia de Usabilidade - A fim de determinar o efeito de suas decisões de design, se deve estabelecer uma lista de critérios que permitem medir aspectos do desempenho do produto. Ao se projetar um sistema baseado no trabalho, os usuários e as partes interessadas podem fornecer comentários indicando o que eles veem como tempos de intervenção aceitáveis e o quão visíveis certas funções devem ser. O designer então tem que atribuir critérios mensuráveis a esses elementos particulares, para que eles possam fazer alterações no produto que aderem às suas necessidades e expectativas. Estabelecer critérios de usabilidade para quantificar aspectos do desempenho do produto é uma abordagem para o projeto centrado no usuário chamada Engenharia de Usabilidade. Avaliar e medir características de um projeto com o uso de critérios de usabilidade, que esclarecem as necessidades dos usuários e das partes interessadas, ajuda o designer a identificar a melhor alternativa de design para cada aspecto individual da experiência do usuário.

- Restrições do Designer: A engenharia da usabilidade está relacionada com a medição de características visíveis ao utilizador ou que desempenhem um papel na experiência interativa. Contudo, muitas vezes existem muitas qualidades que não são visíveis para o usuário. Os usuários e as partes interessadas só podem detectar esses elementos de design ocultos com base em como eles afetam as qualidades externas, visíveis ou utilizáveis do produto. Da mesma forma que, os desejos, as necessidades e as expectativas do usuário e das partes interessadas direcionam o designer a escolher certas alternativas de design, a tecnologia e os componentes disponíveis limitam o número de abordagens diferentes que podem levar a um problema de projeto. Por exemplo, as velocidades de banda larga são determinadas pelo meio de transmissão utilizado, tais como cabos de fibra óptica, e as velocidades da impressora são limitadas pelas peças de trabalho internas e como elas podem se mover sem sacrificar a legibilidade. Portanto, o designer deve identificar padrões aceitáveis dos usuários e partes interessadas que serão atendidos por meio de consultas e testes, mas eles também devem ser conscientizados das limitações que o designer enfrenta em termos de restrições tecnológicas e de *hardware* impostas ao designer.

- Prototipagem: A seleção entre projetos alternativos é uma questão de prototipagem da opção que parece satisfazer as necessidades dos usuários e das partes

interessadas (conforme informações fornecidas durante a interação inicial entre essas partes e a equipe de projeto) e testá-las. Durante a fase de teste do protótipo, o designer pode testar e medir as interações dos usuários para determinar se alguma alteração precisa ser feita ou se um dos outros projetos alternativos precisa ser escolhido.

Em uma solução de design de sistemas, o designer pode usar protótipos de papel, que são versões em papel de como o sistema aparecerá ao usuário quando totalmente implementado. Isso representa uma maneira relativamente barata de testar suas escolhas de design em uma amostra de usuários. A prototipagem também é usada como forma de evitar “mal-entendidos potenciais” de clientes e testar a viabilidade técnica de um projeto sugerido e sua produção (Preece, Rogers, & Sharp, 2005).

Resumindo, a seleção de projetos alternativos é um processo gradual, impactado pelas muitas restrições impostas ao projetista e direcionado pelas informações coletadas dos usuários durante testes de usabilidade, que muitas vezes envolve o uso de protótipos para ajudar a identificar aspectos problemáticos do projeto e elementos que satisfaçam os requisitos do usuário e das partes interessadas.

6.4 Integrando o Design Centrado no Usuário e outros modelos de ciclo de vida

Assim como no processo de projeto de interação, o projeto centrado no usuário consiste tipicamente em quatro atividades principais (Rogers, Sharp, & Preece, 2013), que são:

- Estabelecimento de Requisitos - Esta etapa envolve estabelecer e responder a uma série de questões de design, tais como: Quem são os usuários? Quem são as partes interessadas? O que os usuários e as partes interessadas precisam do design? Quão fácil é usar o sistema ou produto? O design é aderente ao contexto? Fornece ao usuário meios suficientes para completar objetivos e metas baseados no sistema?
- Criando Alternativas - O processo busca a participação dos próprios usuários para garantir que o projeto final seja tão livre de elementos estranhos ao usuário quanto possível. As opiniões dos usuários e das partes interessadas são buscadas através de questionários, entrevistas, estudos de campo e outros métodos de pesquisa. Se forem identificados outros problemas durante esta fase, desenhos alternativos podem ser necessários.
- Prototipagem - O processo de criação do design é iterativo. Em vários estágios, é importante testar seu produto ou sistema para garantir que quaisquer problemas imprevistos

sejam percebidos para que possam ser corrigidos antes do projeto final ser concluído. Os protótipos permitem que o desenvolvedor veja como os usuários reais, livres dos preconceitos que podem influenciar as interações dos envolvidos no processo de design, interagem com o produto ou sistema dentro do ambiente de trabalho observado.

- Avaliação - Quando as opiniões da amostra de usuários e partes interessadas forem consideradas juntamente ao uso de protótipos observados e documentados, o produto pode ser avaliado na sua totalidade. Estes quatro estágios são repetidos então até que os problemas sejam erradicados, as necessidades do usuário forem satisfeitas e uma experiência agradável do usuário seja fornecida.

Todas essas atividades estão interconectadas e alimentam umas às outras. Por exemplo: sem avaliação, os designers não têm o *feedback* necessário de todas as partes importantes, que também inclui os vários grupos envolvidos no projeto em si, para revisar protótipos e gerar soluções alternativas.

As atividades componentes e interconectadas que ocorrem em qualquer abordagem de design são referidas como um modelo de ciclo de vida. Um termo que se refere simplesmente a todos os processos de design e às várias etapas envolvidas, que estão relacionados de alguma forma e formam um modelo que poderia, em teoria, ser aplicado a outro projeto de design. Um modelo de ciclo de vida pode fornecer estrutura para o processo de design e pode revelar-se especialmente útil durante projetos de grande escala envolvendo muitos desenvolvedores, designers, usuários e outros indivíduos importantes.

6.4.1 Modelos de ciclo de vida

Exemplos de modelos de ciclo de vida tendem a vir do mundo do desenvolvimento de *software*, como empresas e equipes de design. Um exemplo da engenharia de software é o *Scrum*, um modelo de ciclo de vida que reconhece a flexibilidade necessária durante o desenvolvimento para lidar com as necessidades e intenções dos usuários e das partes interessadas, em combinação com os resultados imprevistos que ocorrem ao longo do curso do processo de design. Esta abordagem não é específica para o modelo de ciclo de vida de *Scrum*. Pelo contrário, é um dos vários métodos de desenvolvimento de software classificados sob o termo mais amplo de “Desenvolvimento Ágil”.

O “Desenvolvimento Ágil”⁸ através dos métodos ágeis compartilham uma abordagem de design caracterizada pela colaboração entre equipes auto organizadas e multifuncionais, planejamento adaptativo, iteração e uma resposta rápida e flexível à mudança, com ênfase no lado prático, e não no processamento das questões.

Conforme mencionado no Manifesto para Desenvolvimento de Software Ágil⁹ os desenvolvedores devem prezar pela valorização de quatro premissas:

- Privilegiar os indivíduos e suas interações nos processos e ferramentas;
- Desenvolver o *software* de trabalho com documentação abrangente;
- Garantir a colaboração do cliente durante a negociação de contrato;
- Atender às alterações necessárias não se limitando ao plano inicial.

Portanto, como pode ser visto a partir desta declaração de intenções, desenvolvedores ágeis e profissionais devem estar preocupados com a integração do desenvolvimento de *software* com a abordagem de design centrada no usuário para criar um ambiente prático de ação rápida para ajustar o design a partir da constante interação entre desenvolvedores, usuários e interessados.

Além do Manifesto de Desenvolvimento Ágil, uma série de princípios guiam os desenvolvedores que adotam uma abordagem integrada à engenharia de software. A seguir estão alguns destes princípios que dão ênfase naqueles envolvidos no processo de geração de ideias, projetos e soluções e aqueles para quem os produtos estão sendo feitos:

- A maior prioridade é satisfazer as necessidades do usuário através da entrega contínua e ágil das soluções de design;
- Os usuários e desenvolvedores devem trabalhar juntos diariamente durante todo o projeto;
- Deve-se construir projetos em torno de indivíduos motivados, dando-lhes o ambiente e o apoio de que necessitam;

⁸ Desenvolvimento ágil de software (do inglês *Agile software development*) ou Método Ágil é um conjunto de metodologias de desenvolvimento de software. O desenvolvimento ágil, tal como qualquer metodologia de software, providencia uma estrutura conceitual para reger projetos de engenharia de software.

⁹ O Manifesto para Desenvolvimento de Software Ágil foi escrito em fevereiro de 2001 por dezessete profissionais de software independentes e estabeleceu as melhores maneiras de executar o desenvolvimento de *software*.

- Os processos ágeis promovem o desenvolvimento sustentável. Os patrocinadores, os desenvolvedores e os usuários devem ser capazes de manter um ritmo constante indefinidamente.

O conceito do desenvolvimento ágil diz que a pesquisa do usuário tende a ocorrer durante o processo de design, antes do início do projeto, o que contrasta com uma abordagem de projeto exclusivamente centrada no utilizador, em que normalmente existe uma investigação aprofundada das necessidades dos utilizadores, dos interesses/desejos das partes interessadas, do contexto de utilização e de outros aspectos associados à experiência do usuário antes de iniciar o processo de design.

O problema que a equipe de design responsável enfrenta por utilizar uma abordagem combinada para o processo de design é determinar qual quantidade de informação é necessária antes de começar o trabalho de concepção das telas ou produto. Infelizmente, não há resposta fácil, mas com o uso de uma abordagem combinada para o desenvolvimento, a opinião do usuário é continuamente avaliada, de modo que o perigo de se perder informações importantes antes da implementação da solução é reduzido.

6.4.2 Os benefícios dos modelos de ciclo de vida

Os modelos de ciclo de vida fornecem a todos os envolvidos no processo de design uma estrutura para ajudá-los a identificar o que é necessário em uma determinada fase do projeto, como avaliar o processo de desenvolvimento e quando implantar a mudança.

O desenvolvimento ágil difere um pouco de alguns dos outros modelos de ciclo de vida, uma vez que os vários estágios envolvidos se sobrepõem até certo ponto, com os designers e desenvolvedores encorajados a adaptar o produto à medida que surgem novas informações, ideias e soluções.

Isto está em contraste com outros modelos que envolvem fases claramente definidas e separadas, em que a aplicação das informações recolhidas é reservada para uma fase específica até que todas as fases anteriores tenham sido concluídas (no entanto, é desejável que sejam também iterativas de tal modo que uma vez que as mudanças tenham sido aplicadas ao design, o processo começará novamente, representando um modelo mais rígido do que está presente no desenvolvimento ágil). Além disso, nem todos os modelos de ciclo de vida são tão complexos ou abrangentes como os métodos ágeis. Por exemplo, o *Rapid Applications Development*

(RAD) é, como o nome sugere, um método rápido envolvendo planejamento mínimo, com foco na geração de protótipos testáveis.

Como cada projeto de design envolve circunstâncias, contextos e culturas específicas, os modelos são alterados com detalhes adicionais de acordo com essas variações naturais, em um esforço de criar um modelo mais sintonizado com as necessidades específicas do projeto.

Escolher um modelo de ciclo de vida é uma decisão limitada por uma série de fatores, tais como o tamanho da equipe de design, o conjunto de habilidades dentro da equipe, a quantidade de tempo disponível, o orçamento e o tamanho do sistema em desenvolvimento. Portanto, o nível de complexidade, o número de etapas e o número de iterações envolvidas no modelo de ciclo de vida também será limitado por esses fatores.

Usando um modelo de ciclo de vida o projeto é estruturado, os vários estágios são coesos e a informação é aplicada e então testada. Entretanto, instituir uma delimitação em todo o projeto dessa maneira não significa limitar o talento criativo dos designers, como Rogers, Preece e Sharp estabelecem, "... isso não significa necessariamente que a inovação é perdida ou que a criatividade é sufocada, apenas que um processo estruturado é usado para fornecer um espaço mais estável para a criatividade " (Rogers, Sharp, & Preece, 2013).

A integração das duas abordagens permite à equipe economizar tempo e faz com que nenhum grupo dentro da equipe fique esperando por outro antes que eles possam realizar suas atividades. Testes de usabilidade e coleta de informações para o próximo conjunto de recursos podem ser realizados durante as mesmas sessões de discussão poupando tempo e dinheiro. A flexibilidade de uma abordagem ágil significava que recursos supérfluos são identificados e evitados antes de serem implementados e que mudanças podem ser feitas no cronograma se certos elementos do design estão demorando mais do que o projetado.

O processo de coleta de informações dos usuários, partes interessadas e outras pessoas impactadas pela introdução de uma interface pode ser combinado com outras abordagens de design para maximizar os benefícios de adotar uma abordagem centrada no usuário. As atividades envolvidas em qualquer processo de design podem ser pensadas como um modelo de ciclo de vida e é possível, e às vezes benéfico, combinar diferentes modelos de ciclo de vida.

Há uma série de benefícios associados com a adoção de uma abordagem de projeto centrada no usuário em combinação com o desenvolvimento ágil, como um bom gerenciamento do tempo, a identificação de recursos desnecessários antes da implementação e a oportunidade de reunir a contribuição dos usuários ao longo de todo o processo. No entanto, há uma série de

diferentes métodos ágeis e os projetos muitas vezes irão ditar o tipo de modelo de ciclo de vida que se pode e deve adotar.

Por exemplo, ao se trabalhar com uma pequena equipe em um sistema de pequena escala uma abordagem ágil de desenvolvimento de software seria semelhante a usar uma marreta para abrir uma castanha. Portanto, é importante escolher um modelo apropriado ou uma combinação de modelos para que o projeto seja executado com o tempo e os recursos apropriados.

7 Aplicação do Design de Interação no Sistema de Supervisão e Controle do COS

7.1 A história do sistema de supervisão e controle da CEMIG GT

Os Centros de Operação de Geração e Transmissão utilizam sistemas computacionais complexos que possibilitam a supervisão das grandezas elétricas e do estado dos equipamentos do sistema elétrico além de possibilitar o controle remoto de unidades geradoras, chaves, disjuntores, etc. A CEMIG, sempre precursora no seu segmento, desenvolveu a partir de 1996 um sistema de supervisão e controle próprio para permitir a operação em tempo real realizada pelo COS.

O SSCD¹⁰ é o sistema de supervisão e controle utilizado no COS da CEMIG e é composto por um conjunto de módulos com funções complementares e bem definidas. Cada um destes módulos é responsável por uma determinada função, tais como gerenciamento de mensagens, controle de tensão, controle de geração, monitoramento de blecaute, gerenciamento de controles, etc.

Um dos principais módulos, que será foco deste capítulo, é o módulo IHM – Interface Homem Máquina. A IHM possui o papel de prover a interface entre os operadores e todos os outros módulos. É através da IHM que os dados gerados pelo sistema são exibidos aos despachantes¹¹ e estes últimos interagem com o sistema, fornecendo informações que são utilizadas pelos outros módulos do sistema. (SSCD, 2007) (Castro, 2007).

A interface gráfica do SSCD passou por várias alterações desde a sua criação e ainda passa por modificações constantes quando se verificam oportunidades de melhorias ou quando há demanda por novas funcionalidades.

A imagem a seguir (Figura 44) apresenta a tela de início do sistema quando foi criado, com uma interface limitada e “engessada”, onde sua principal evolução aconteceu com a migração do sistema para o ambiente *WEB*.

¹⁰ O SSCD é o sistema de supervisão e controle utilizado pelo COS para processamento de informações aquisitadas em campo, além de possibilitar a atuação remota em equipamentos do sistema elétrico sob coordenação da CEMIG.

¹¹ Despachante: também chamado de operador, é a pessoa (empregado de nível técnico) responsável pelo monitoramento e operação remota dos ativos de transmissão e de geração sob responsabilidade operativa do COS. O termo “despachante” vem da época em que o centro de operação era chamado de “Despacho de Carga”.

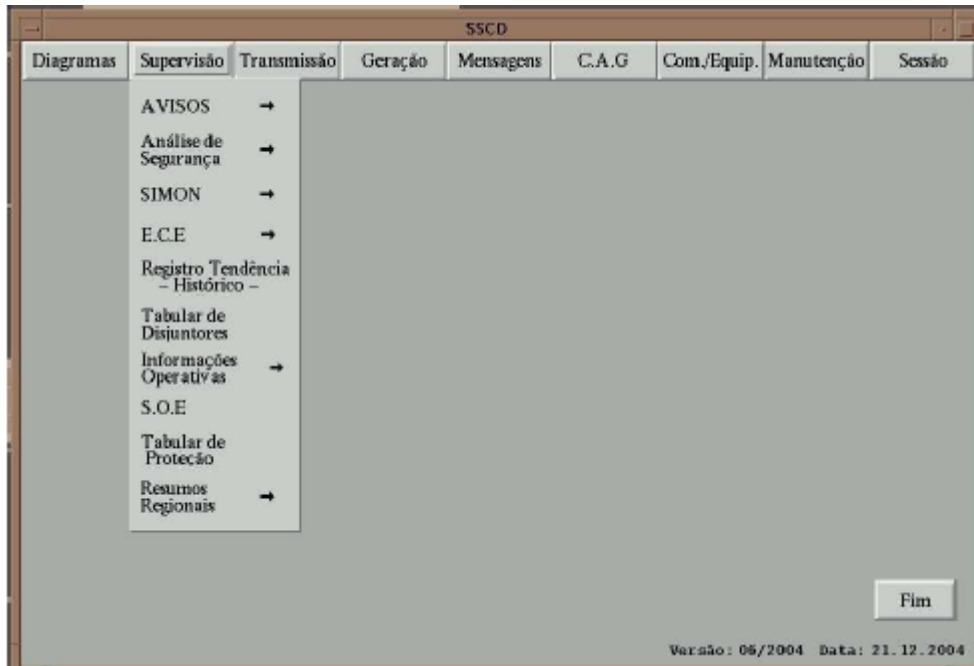


Figura 44 – Tela inicial do SSSD na época da sua criação. (Fonte: (Castro, 2007))

Após uma grande evolução tecnológica dos sistemas computacionais e a obsolescência da interface usada, houve a necessidade de atualizar a IHM do SSSD, primeiramente para acompanhar a evolução das ferramentas e em segundo lugar para proporcionar aos despachantes do centro de operação melhores recursos de interação e visualização. Este foi um salto de qualidade que possibilitou à equipe de usuários uma interface moderna e com vários recursos anteriormente indisponíveis.

A imagem a seguir (Figura 45) mostra a tela inicial do sistema atual com vários recursos, como maior disponibilidade de cores, recursos gráficos, sinalizações inteligentes entre outros.



Figura 45 – Tela inicial do SSSD atualmente. (Fonte: SSSD)

Em meio às inúmeras telas utilizadas pelos operadores do COS, podem-se destacar os diagramas unifilares e a tela de alarmes. Para efeito comparativo, as imagens a seguir (Figuras 46 e 47) apresentam as telas antigas e as telas atuais. Observa-se que, além das alterações na IHM, houve um crescimento significativo do sistema elétrico o que justifica fortemente a necessidade de interfaces cada vez mais seguras e otimizadas.

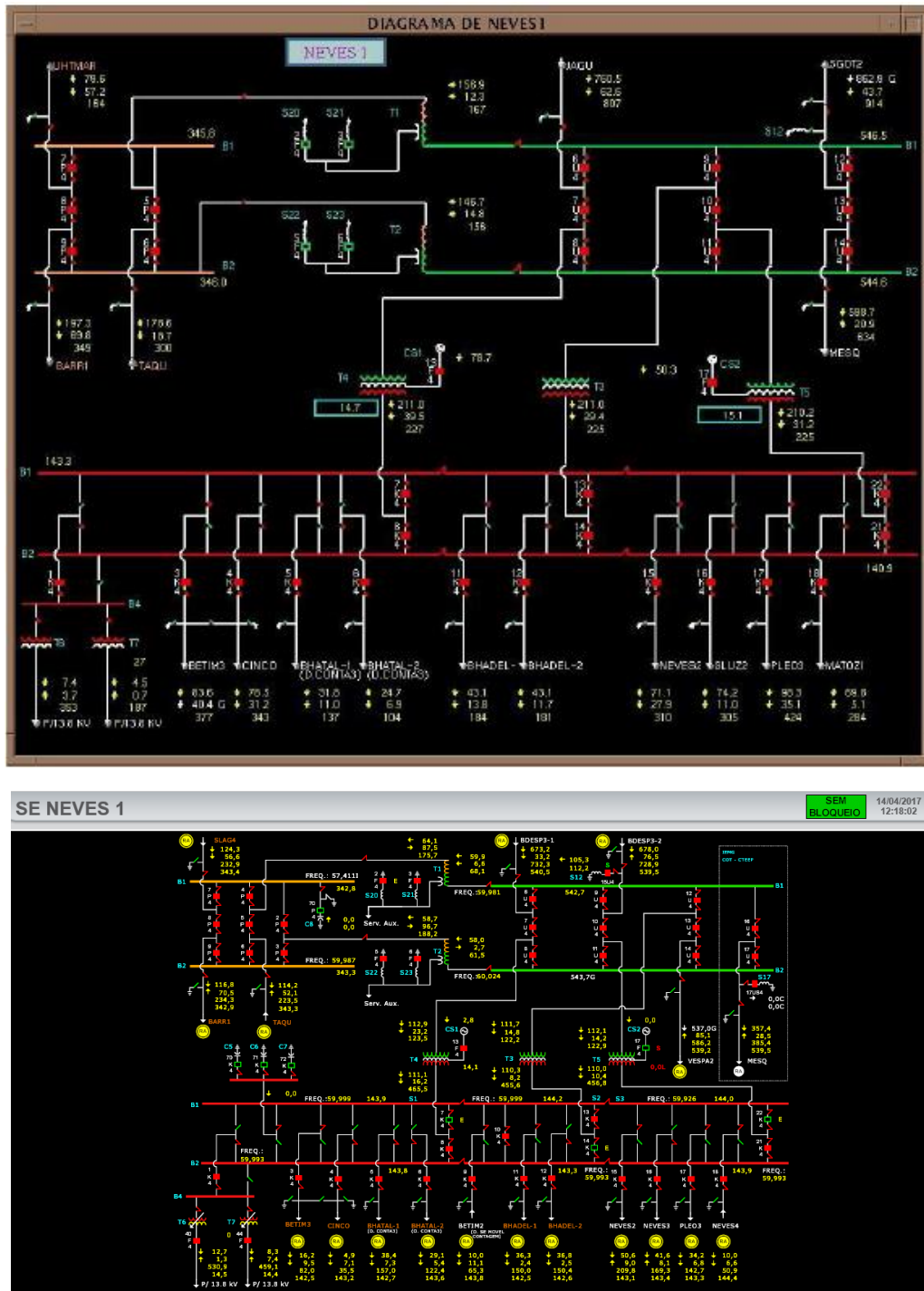


Figura 46 – Acima: Diagrama unifilar em 2007. Abaixo: Diagrama unifilar 2017. (Fonte: SSCD, (Castro, 2007))

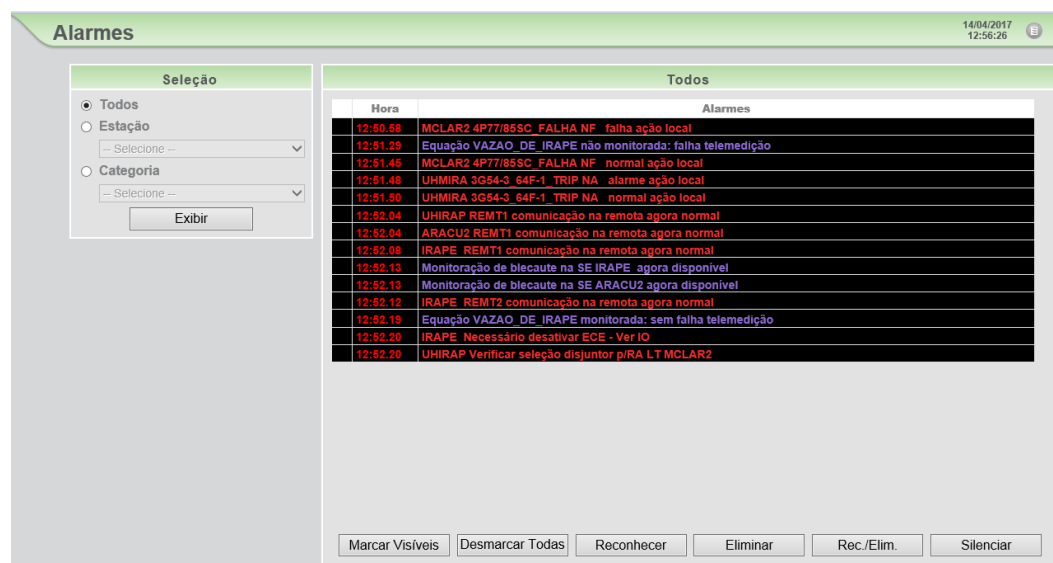
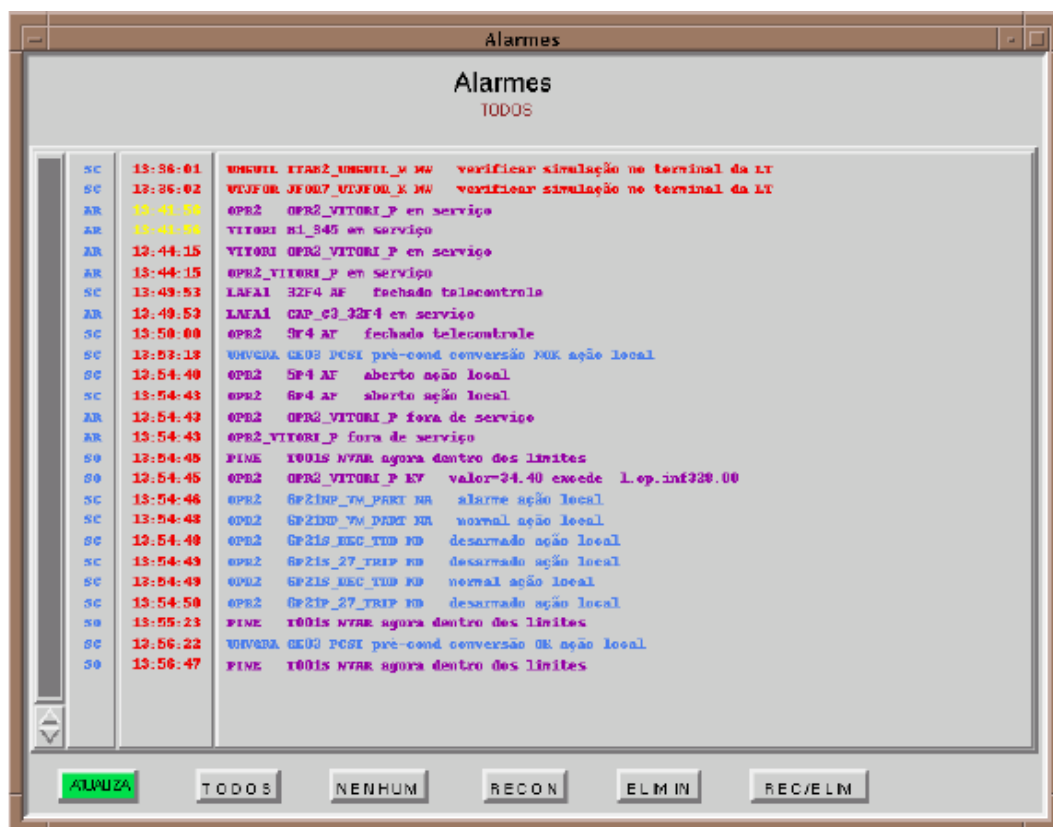


Figura 47 – Acima: Tela de alarmes em 2007. Abaixo: Tela de alarmes 2017. (Fonte: SSCD, (Castro, 2007))

Na época do desenvolvimento da IHM atual, apesar da grande experiência das equipes responsáveis pelo SSCD um designer de interfaces foi contratado para prestar consultoria na criação das novas telas. Isto é percebido quando se observa em várias telas a presença dos conceitos já apresentados neste trabalho.

Além das necessidades de atualização tecnológica, as inúmeras alterações nos processos de remuneração das empresas, a fiscalização mais rígida do órgão regulador, o

compartilhamento de instalações com outros agentes e o número crescente de instalações e equipamentos operados pelo COS fazem com que a alteração/adequação de telas seja cada vez mais constante para facilitar a operação pela sala de controle e proporcionar agilidade e segurança nas ações dos operadores.

Nos próximos itens serão apresentadas algumas telas e funcionalidades que foram implementadas no sistema baseados, em sua grande maioria, na interação com os usuários e com a equipe de engenheiros do COS.

7.2 Envolvendo a equipe no desenvolvimento de telas e funcionalidades

Durante todo o desenvolvimento deste trabalho, sempre foi enfatizada a necessidade de envolvimento do usuário final no desenvolvimento de telas e funcionalidades do sistema de supervisão e controle ou de outras ferramentas que os despachantes usam para fazer a operação do sistema elétrico e suas instalações.

No COS da CEMIG, o envolvimento do usuário final no desenvolvimento sempre foi uma estratégia usada. Normalmente, as solicitações de melhorias partem de um despachante ou de um grupo deles ou até mesmo da equipe de engenheiros que atuam no apoio e suporte à sala de controle.

Dentre as equipes citadas acima, não há especialistas em design de interfaces e a ferramenta principal utilizada para determinar quais serão as alterações ou novas telas é o *feeling* de cada integrante. Procura-se fazer reuniões e discussões entre um grupo de pessoas previamente escolhidas ou em alguns casos se envolve toda a equipe para definição de qual será a melhor solução para implementação.

As imagens a seguir (Figuras 48 e 49) mostram algumas destas reuniões que geralmente são acompanhadas por um engenheiro de operação. Quando necessário, a equipe de desenvolvimento do SSCD também pode ser convocada a participar dos encontros para contribuir com o desenvolvimento, informar sobre a capacidade de realização das propostas em função dos recursos de *software* e de mão de obra da equipe.

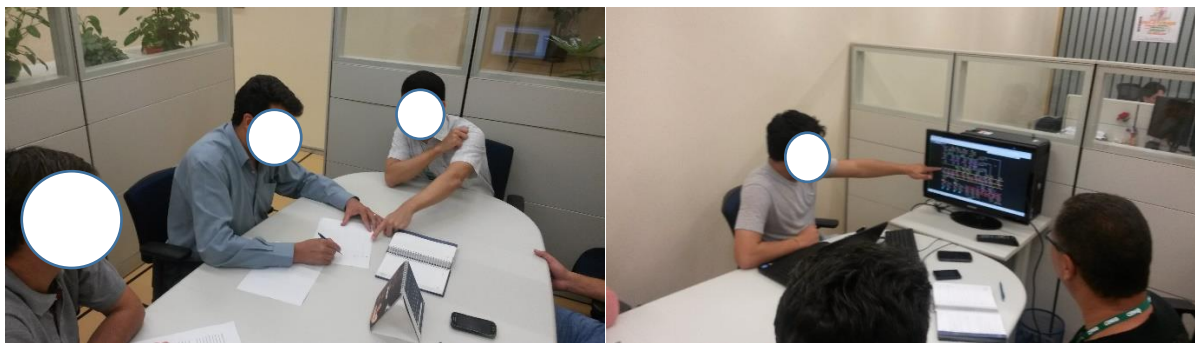


Figura 48 – Exemplo de discussão de telas com a equipe. (Fonte: Reunião equipe 19/10/16)

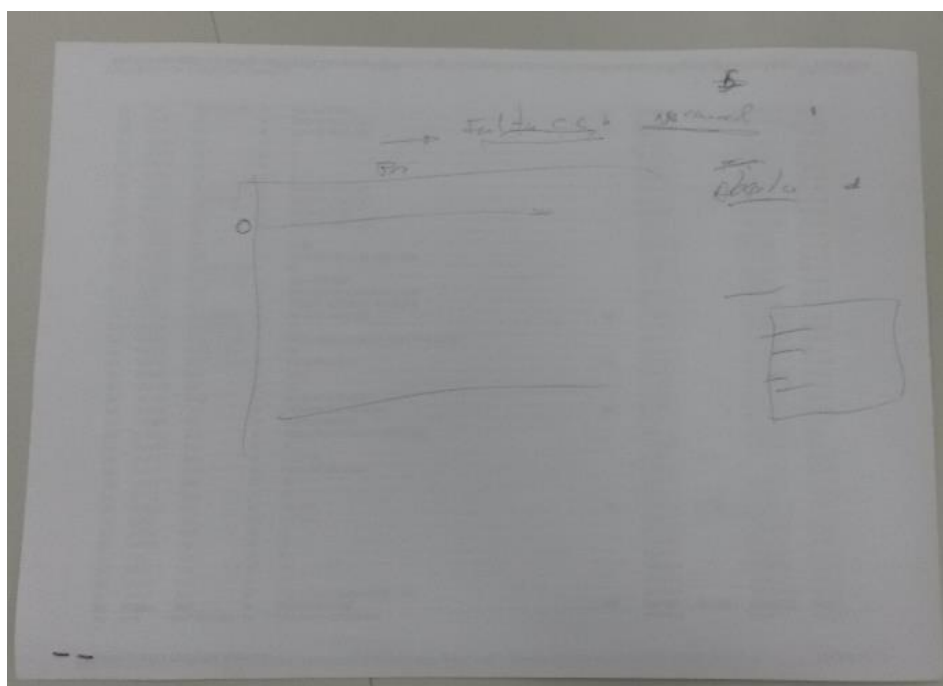


Figura 49 – Exemplo de protótipo de baixa fidelidade para desenvolvimento de telas. (Fonte: Reunião equipe 19/10/16)

Muitas vezes utilizam-se *softwares* de desenho (alguns bastantes rudimentares como o *Paint*® da Microsoft por exemplo) para simular as alterações desejadas ou as novas telas. Em geral este método é bastante eficiente pois é de fácil execução, rápido e com custo muito baixo pois utiliza uma ferramenta disponível na empresa.

Geralmente, o desenvolvimento de alguma tela parte da necessidade da sala de controle em atender a alguma nova demanda (principalmente em função de alguma nova exigência regulatória), da verificação de alguma falha na execução das atividades ou até mesmo da mudança dos processos realizados pelos despachantes.

Nas próximas páginas serão apresentadas algumas destas telas ou funcionalidades que foram implementadas no COS a partir de trabalhos coletivos, seja através da coleta de sugestões, seja através do desenvolvimento coletivo.

7.3 A evolução do SSCD desde a sua criação até os dias atuais.

Desde sua criação em 1996 o SSCD sempre foi considerado um sistema de supervisão e controle à frente do seu tempo e até os dias atuais ele apresenta tanto na interface gráfica quanto nas funcionalidades disponibilizadas aos usuários uma reconhecida expertise.

Na época da sua criação, a interface gráfica seguia o padrão das melhores IHM do mundo, mas quando comparada à IHM atual, percebe-se que as ferramentas de construção de interfaces naquela época eram precárias e bastante simples.

As imagens a seguir mostram o quão diferentes estas interfaces são e como elas evoluíram ao longo dos anos. (Figuras 50, 50 e 51)

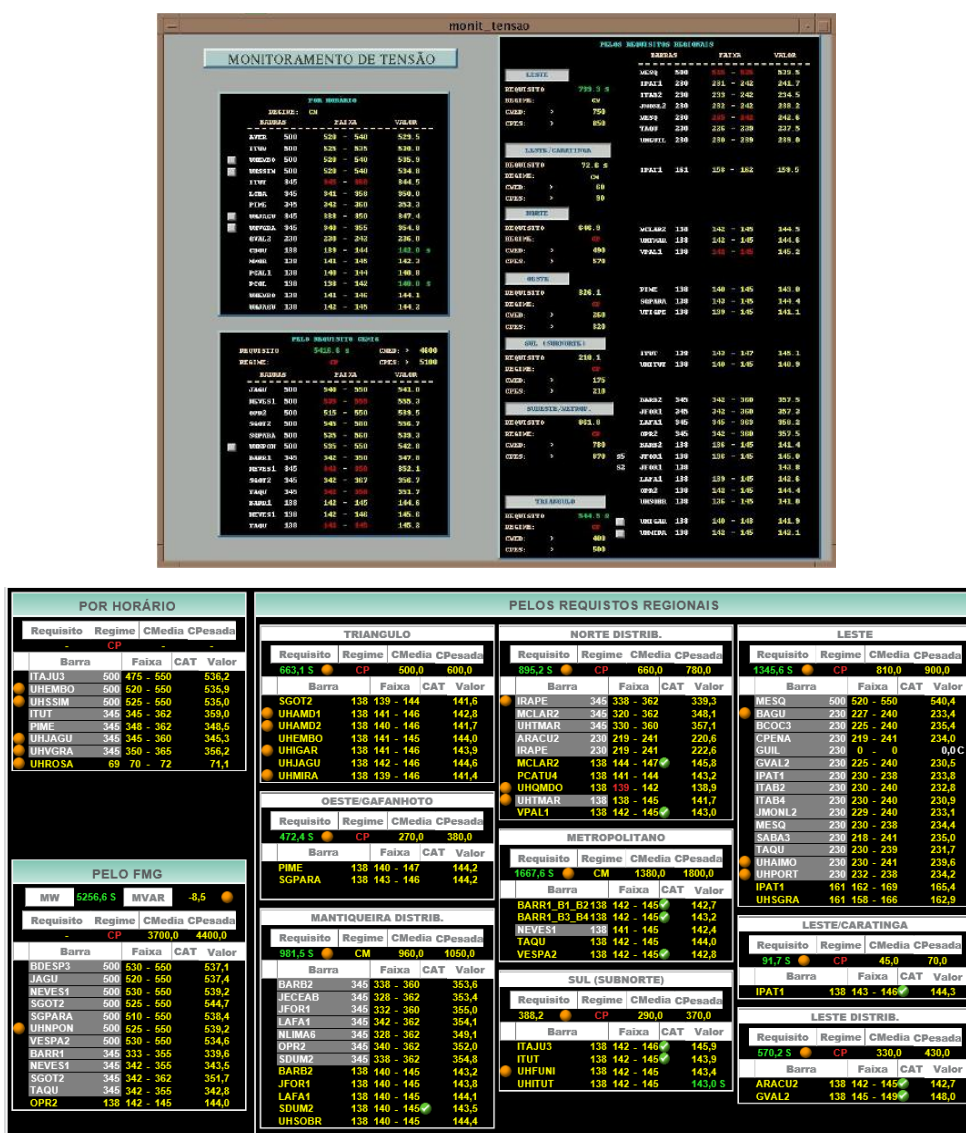


Figura 50 – Telas para monitoramento da tensão em diversos barramentos controlados (Fonte: (SSCD, 2007) e SSCD, 2017)

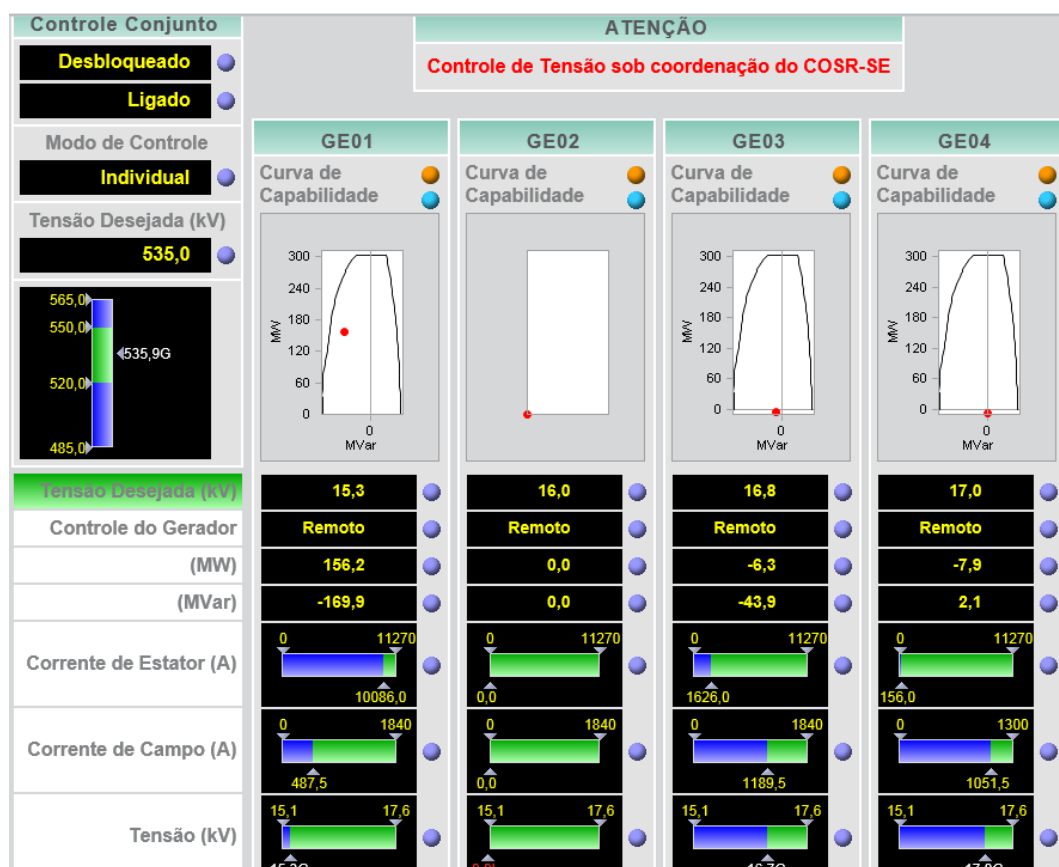
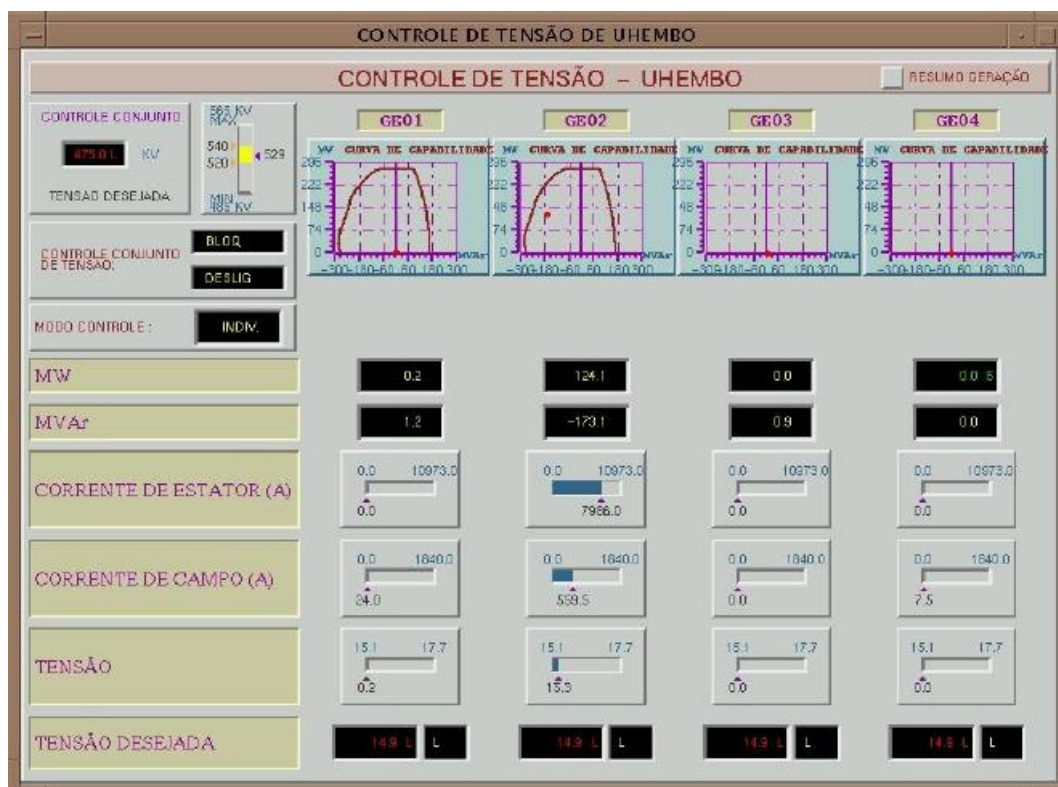


Figura 51 – Telas para controle de tensão das unidades geradoras da UHE Emborcação. (Fonte: (SSCD, 2007) e SSCD, 2017)

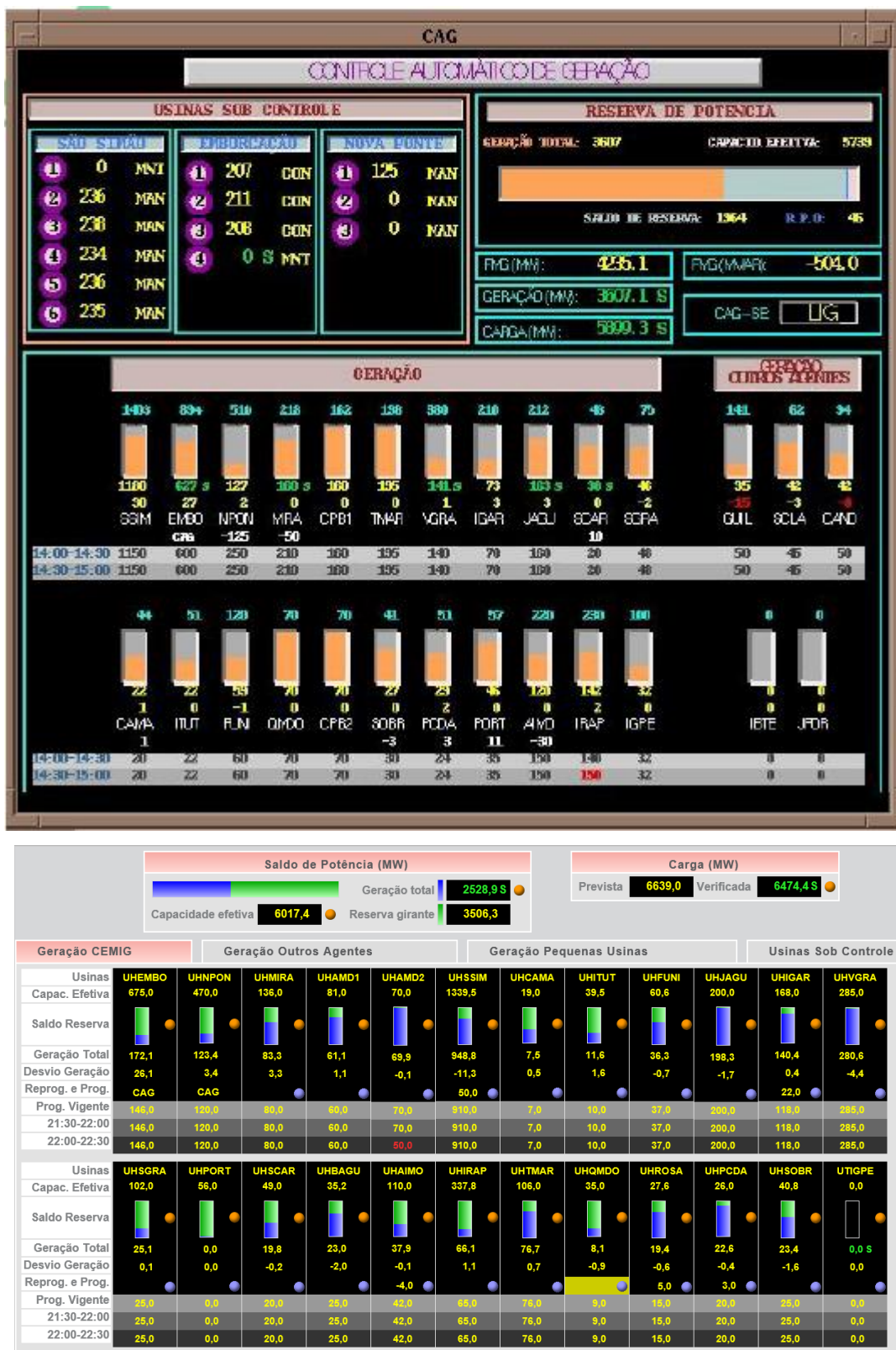


Figura 52 – Telas para controle de geração das usinas operadas pelo COS. (Fonte: (SSCD, 2007) e SSCD, 2017)

7.4 Principais telas e funcionalidades desenvolvidas pela equipe

7.4.1 Informação de equipamentos com bloqueio

Em junho de 2007, a ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica estabeleceu através da Resolução Normativa ANEEL nº 270 de 26/06/2007 publicada no Diário Oficial em 9 julho 2007 as disposições relativas à qualidade do serviço público de transmissão de energia elétrica, associada à disponibilidade das instalações integrantes da Rede Básica que compõem o SIN – Sistema Interligado Nacional.

Para melhor entendimento desta resolução, alguns conceitos precisam ser esclarecidos para que possam ser entendidas as necessidades de alteração nas telas em função destas novidades do setor elétrico:

- 1 FT – Função Transmissão:** conjunto de instalações funcionalmente dependentes, considerado de forma solidária para fins de apuração da prestação de serviços de transmissão, compreendendo o equipamento principal e os complementares. Exemplo: linha de transmissão e os equipamentos de conexão associados (disjuntores e chaves), transformadores, reatores, capacitores, etc.
- 2 Padrão de Duração de Desligamento:** duração máxima admissível de desligamentos programados ou de desligamentos forçados de uma FT no período contínuo móvel de doze meses, até a qual não se aplica o desconto da Parcela Variável por Indisponibilidade;
- 3 Padrão de Frequência de Desligamentos Forçados:** número máximo admissível de desligamentos forçados de uma FT, no período contínuo móvel de doze meses, até o qual não se aplica a penalidade associada à frequência;
- 4 PB – Pagamento Base:** parcela equivalente ao duodécimo da RAP¹² associada à plena disponibilização das instalações de transmissão que compõem uma FT;
- 5 PVI – Parcela Variável por Indisponibilidade:** parcela a ser deduzida do Pagamento Base por desligamentos programados ou desligamentos forçados decorrentes de eventos envolvendo o equipamento principal e/ou os

¹² RAP: Receita Anual Permitida - A RAP é a remuneração que as transmissoras recebem pela prestação do serviço público de transmissão aos usuários. Cada FT possui uma remuneração anual que pode ser reduzida ou até suspensa em função das indisponibilidades apuradas pelo ONS.

complementares da FT, de responsabilidade da concessionária de transmissão, consideradas as exceções e as condições definidas na Resolução;

O Pagamento Base de uma FT estará sujeito a desconto da Parcela Variável por Indisponibilidade e por outras indisponibilidades que não serão assunto desta dissertação.

Quando a soma das durações dos desligamentos de uma FT, apuradas no período contínuo de doze meses anteriores ao da ocorrência, incluindo este, ultrapassa o correspondente Padrão de Duração de Desligamento, cabe a aplicação de desconto da PVI.

São considerados, para efeito da apuração da duração de desligamentos todos os eventos com duração superior a **1 (um) minuto**.

Além da penalização pelo tempo de indisponibilidade do equipamento, existe também a penalização pela frequência dos desligamentos, ou seja, pelo número de vezes que o equipamento fica indisponível por um desligamento forçado no período de um ano.

Desde 2007 até os dias atuais, já foram feitas várias alterações nestas regras, mas a essência do desconto da remuneração (redução do pagamento às transmissoras em função da indisponibilidade) e da possibilidade de multas para os agentes de transmissão em função do número de desligamento permanecem.

É preciso também contextualizar o papel da sala de controle dos agentes de transmissão e do ONS na atuação durante as ocorrências do sistema. Durante o desligamento de um ou vários equipamentos de transmissão, os despachantes do COS precisam verificar os equipamentos desligados, verificar se há algum bloqueio para o seu religamento e disponibilizá-los para o ONS para que os despachantes deste centro possam coordenar o restabelecimento do sistema.

As ações dos despachantes de transmissão devem ser ágeis e precisas. Eles devem disponibilizar para o ONS somente aqueles equipamentos realmente em condições de serem religados pois uma disponibilização indevida pode acarretar em um religamento indevido com consequências desastrosas para o sistema elétrico, para os equipamentos e principalmente para pessoas. Isto tudo em até um minuto pois os equipamentos que são disponibilizados para o ONS em tempos superiores a este, terão sua remuneração reduzida através do desconto da PVI e de multas por violação do padrão de frequência.

Para os despachantes, o que caracteriza se um equipamento está liberado para ser religado e se pode ser disponibilizado para o ONS é a atuação ou não do relé de bloqueio daquele equipamento. Quando o equipamento foi desligado por alguma proteção crítica que demande alguma inspeção local ou que possa gerar problemas no seu religamento, há atuação

de um “bloqueio” que só permite o religamento após uma intervenção humana, local ou remota” para a retirada deste impedimento.

Durante a implementação da regulação descrita acima, o tempo de verificação da existência de bloqueios era grande e invariavelmente os tempos de disponibilização eram grandes e a empresa era penalizada.

O exemplo a seguir representa todo o caminho para disponibilização de uma linha de transmissão com os recursos disponíveis na época da criação da PVI e com os recursos atuais.

Considerando o desligamento da LT2 500 kV Bom Despacho 3 – Neves 1, o Despachante deve, antes de disponibilizar o equipamento para o ONS, verificar se há bloqueio no terminal da SE Bom Despacho 3 e também no terminal da SE Neves 1. Após esta verificação, ligar para o ONS e disponibilizar o equipamento para que seja religado (se não houver “bloqueio”) ou acionar as equipes de manutenção, proteção ou de apoio local para fazerem as verificações necessárias.

- Ações sem os recursos desenvolvidos pela equipe:
 - a) Após a adrenalina inicial em função dos alarmes visuais e dos alarmes sonoros gerados pelo sistema de supervisão e controle, o despachante identificava o equipamento desligado e abria o diagrama unifilar de cada instalação envolvida (Figura 53).

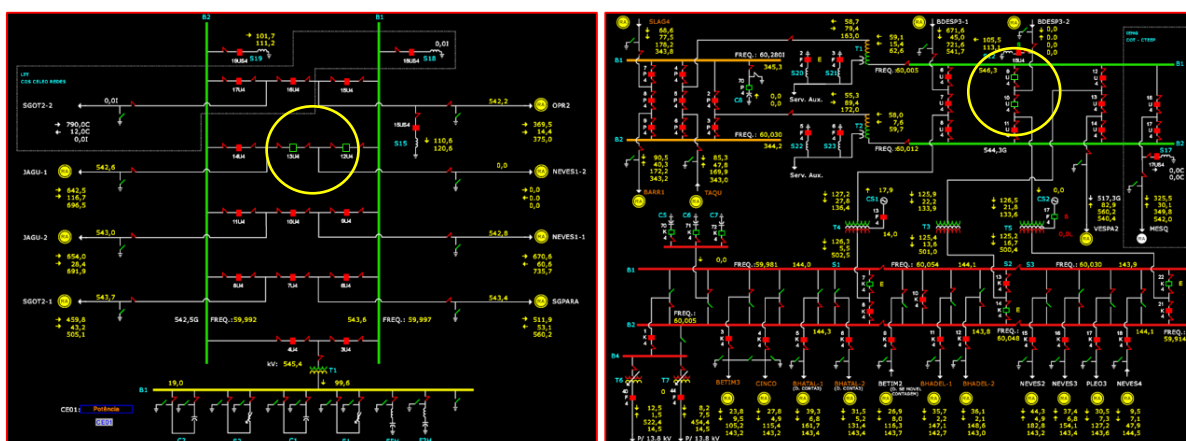


Figura 53 – Diagramas unifilares da SE Bom Despacho 3 e da SE Neves 1. (Fonte: SSCD, 2017)

- b) Em seguida o despachante abria as duas telas “Tabular de Proteção” para verificar se havia alguma proteção impeditiva atuada, procurando em uma lista dentre várias proteções (Figura 54).

SE BOM DESPACHO 3		SE NEVES 1	
Ponto de Supervisão	Estado do Relé de Proteção	Ponto de Supervisão	Estado do Relé de Proteção
15 16U88LT_P	Desbloqueado	5T86_P	Desbloqueado
15 16U88LT_S	Desbloqueado	5T86_S	Desbloqueado
18U86-BLOQ	Desbloqueado	5 6P86TTP	Desbloqueado
17U86-BLOQ	Desbloqueado	6F86R	Desbloqueado
18S86-BLOQ	Desbloqueado	6K86D	Desbloqueado
19U886_P	Desbloqueado	6T86	Desbloqueado
19U886_R	Desbloqueado	6U86D	Desbloqueado
1BU86_P	Desbloqueado	6 7U86TTP_P	Desbloqueado
1BU86_S	Desbloqueado	6 7U86TTP_S	Desbloqueado
1T86_P	Desbloqueado	70K86C	Desbloqueado
1T86_S	Desbloqueado	70P86C_P	Desbloqueado
2BU86_P	Desbloqueado	70P86C_R	Desbloqueado
2BU86_S	Desbloqueado	70P86D	Desbloqueado
3U86D	Desbloqueado	71K86C	Desbloqueado
4U86D	Desbloqueado	72K86C	Desbloqueado
6U86D	Desbloqueado	7K86D	Desbloqueado
6 7U86TTP_P	Desbloqueado	7T86	Desbloqueado
6 7U86TTP_S	Desbloqueado	7U86D	Desbloqueado
7U86D	Desbloqueado	7 8P86TTP_P	Desbloqueado
7 8U86TTP_P	Desbloqueado	7 8P86TTP_S	Desbloqueado
7 8U86TTP_S	Desbloqueado	8K86D	Desbloqueado
8U86D	Desbloqueado	8 9P86TTP	Desbloqueado
8U86D	Desbloqueado	8K86D	Desbloqueado
9 10U86TTP_P	Desbloqueado	9U86D	Desbloqueado
9 10U86TTP_S	Desbloqueado	9 10U86TTP_P	Desbloqueado
CE01 86	Desbloqueado	9 10U86TTP_S	Desbloqueado

Figura 54 – Tabulares de proteção da SE Bom Despacho 3 e da SE Neves 1. (Fonte: SSCD, 2017)

- c) Verificando-se que não haviam proteções impeditivas o despachante ligava para o ONS e disponibilizava a linha de transmissão para a coordenação do religamento pelo ONS. Neste momento cessa o tempo contabilizado para apuração da indisponibilidade do equipamento.
- Ações com os recursos desenvolvidos pela equipe:
 - a) Após a adrenalina inicial em função dos alarmes visuais e dos alarmes sonoros gerados pelo sistema de supervisão e controle, o despachante identifica o equipamento desligado e observa a tela inicial do SSCD ou a tela Painel Mímico - Transmissão. Foi implementada uma lógica que verifica se há bloqueios atuados. Quando há algum bloqueio, o ícone que normalmente está verde fica vermelho. (Figura 55).

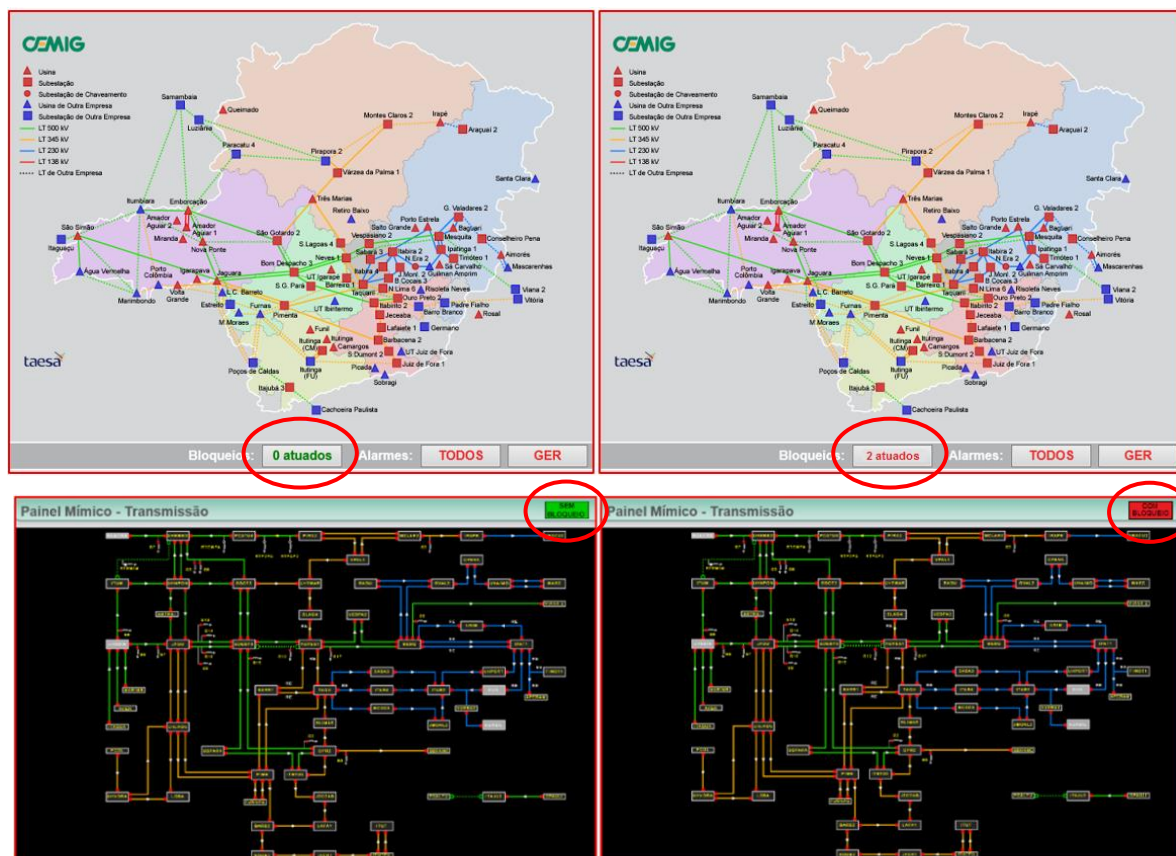


Figura 55 – Indicação de bloqueios na tela principal e no Painel Mímico - Transmissão. (Fonte: SSCD, 2017)

b) Não havendo atuação de bloqueios, o despachante pode ligar para o ONS e disponibilizar a linha de transmissão sem a necessidade de abrir outras telas adicionais e verificar entre uma lista de alarmes a situação do equipamento. Havendo algum bloqueio, o despachante pode clicar sobre o botão de bloqueios atuados que a tela com os bloqueios será apresentada.

É muito clara a diferença de tempo necessário para verificação e disponibilização dos equipamentos sem bloqueios. Na atuação inicial, o Despachante precisava abrir pelo menos quatro telas além de precisar analisar dois tabulares de proteção com grande risco de uma análise indevida ou demorada.

Adicionalmente, a mesma indicação de equipamentos bloqueados foi adicionada a cada subestação ou usina de tal forma que havendo bloqueios atuados naquela instalação, o ícone fica vermelho. Clicando sobre o ícone, abre-se a tela indicando quais são os bloqueios atuados para aquela subestação ou usina como pode ser visto na imagem a seguir (Figura 56).

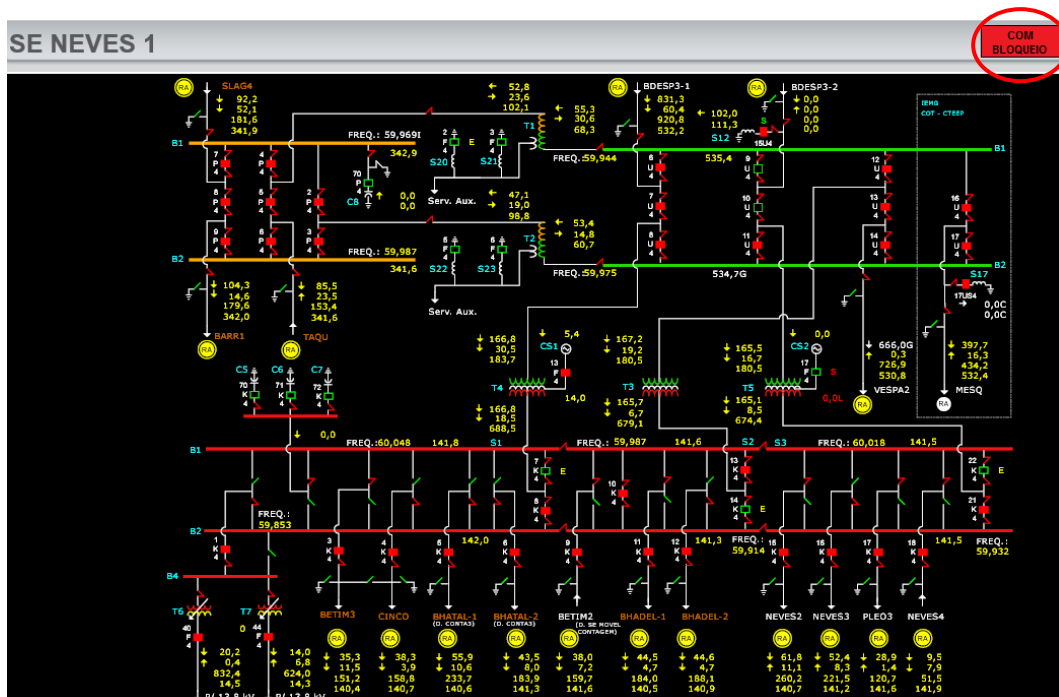


Figura 56 – Indicação de bloqueios na tela de uma subestação (Fonte: SSSD, 2017)

Apesar de ser uma solução simples e com recursos de processamento pequenos, esta solução trouxe considerável agilidade e segurança para a equipe de Despachantes na execução da operação e consequentemente aumentou a segurança do sistema elétrico minimizando os riscos de descontos na Parcela Variável por Indisponibilidade ou de multas e garantindo maior receita para a empresa.

Nesta solução apresentada pode-se verificar algumas técnicas de Design aplicadas para melhorar a visualização, minimizar erros e aumentar a agilidade da operação conforme alguns exemplos a seguir:

- Princípio da visibilidade: os botões com indicação de bloqueio oferecem clareza das informações necessárias, agilidade na tomada de decisão, identificação com texto e cores lógicas reduzido o esforço cognitivo do operador.
- Consistências e padrões: é utilizado o mesmo código de cores em todas as telas, e mantida a consistência dos dados preservando o mesmo conceito em todas as telas e minimizando a possibilidade de erros.
- Flexibilidade e eficiência: redução das necessidades de interações do usuário com o sistema para chegar ao resultado final esperado, ou seja, a identificação se a Função Transmissão tem bloqueio ou não.
- Design estético e minimalista: redução do volume de informações necessárias para atingimento do objetivo final e manutenção na tela apenas das informações relevantes.

7.4.2 Tela “Painel mímico – Transmissão”

A tela “Painel mímico – Transmissão” é usada para dar à sala de controle uma visão global rápida e clara da situação do sistema de transmissão de tal maneira que o Despachante possa visualizar as principais informações e tomar as decisões com agilidade e segurança.

Quando uma ocorrência no sistema de transmissão afeta apenas um equipamento (perturbação chamada de “ocorrência simples”) na maioria das vezes o agente tem autonomia para religá-lo sem a necessidade de contato e coordenação do ONS, desde que não haja bloqueio associado àquela ocorrência. Neste caso, o Despachante deve religar o equipamento em até cinco minutos para que não haja nenhuma penalização por parte da ANEEL.

Contudo, para várias linhas de transmissão o agente não tem autonomia para restabelecimento seja por ter impacto relevante no sistema elétrico, seja pelo fato do agente não ter todas as informações necessárias para o restabelecimento seguro, por exemplo. Fato é que nestes casos, uma perturbação que deveria ser de simples identificação passa a exigir ações extras no seu restabelecimento.

Antes da implementação da melhoria proposta, estes eram os passos para restabelecimento de uma linha de transmissão sem autonomia:

- a) Após a adrenalina inicial em função dos alarmes visuais e dos alarmes sonoros gerados pelo sistema de supervisão e controle, o despachante identifica o equipamento desligado e observa a tela inicial do SSCD ou a tela Painel Mímico – Transmissão verificando o botão de indicação de bloqueio.
- b) Não havendo indicação de bloqueio, o Despachante inicia os procedimentos para religamento da linha. Após abertura das telas das subestações envolvidas ele efetua a verificação visual do sentido preferencial de energização, clica no terminal da linha, seleciona o item “condições de pré-energização”, e abre a IO – Instrução de Operação que apresentará as condições necessárias para conclusão da ação (Figura 57).
- c) Após a execução de 7 passos (desde o desligamento da linha até a abertura da IO), o Despachante pode se deparar com uma situação especial e então perceber através da instrução que ele não tem autonomia para restabelecimento da linha e precisa disponibilizá-la para o ONS (em até um minuto após o desligamento) para que este centro coordene o restabelecimento.

Esta demora para verificação que a linha deveria ser disponibilizada para o Operador Nacional pode com certeza aumentar as chances de violar o tempo disponível para disponibilização e levar a penalizações e multas.

8.3.14 LT 345 kV BARRO BRANCO - OURO PRETO 2

PERTURBAÇÃO PARCIAL	
Sentido Energização	Pré-condições e procedimentos
Preferencial	<ul style="list-style-type: none"> 1º teste: RA ou logo após verificadas as condições de pré-energização. Demais testes: Observando um intervalo mínimo de 3 minutos após cada teste e também após avaliação das informações disponíveis sobre o evento. SOB COORDENAÇÃO DO COSR/SE conforme as condições de pré-energização na IO-PM-SE.5MG. Fechar o disjuntor da LT enviando tensão.
Notas: 1) 2) 3)	
Sentido de energização	Pré-condições e procedimentos
	SOB COORDENAÇÃO DO COSR/SE conforme as condições de pré-energização na IO-PM-SE.5MG.

A CEMIG NÃO TEM AUTONOMIA PARA RESTABELECEER

Figura 57 – Informação sobre autonomia de restabelecimento (Fonte: IO CEMIG – SE Ouro Preto 2)

Nas interações com a equipe, percebeu-se que era necessária uma identificação rápida e clara sobre as condições de autonomia das LT operadas pelo COS uma vez que é impossível para os operadores da sala de controle decorar a condição de todas as linhas.

Utilizando uma ferramenta muito simples de edição de imagens, iniciou-se uma avaliação de métodos de indicação na tela se as linhas podem ou não ser restabelecidas com autonomia pela sala de controle, como pode ser visto na imagem a seguir (Figura 58).

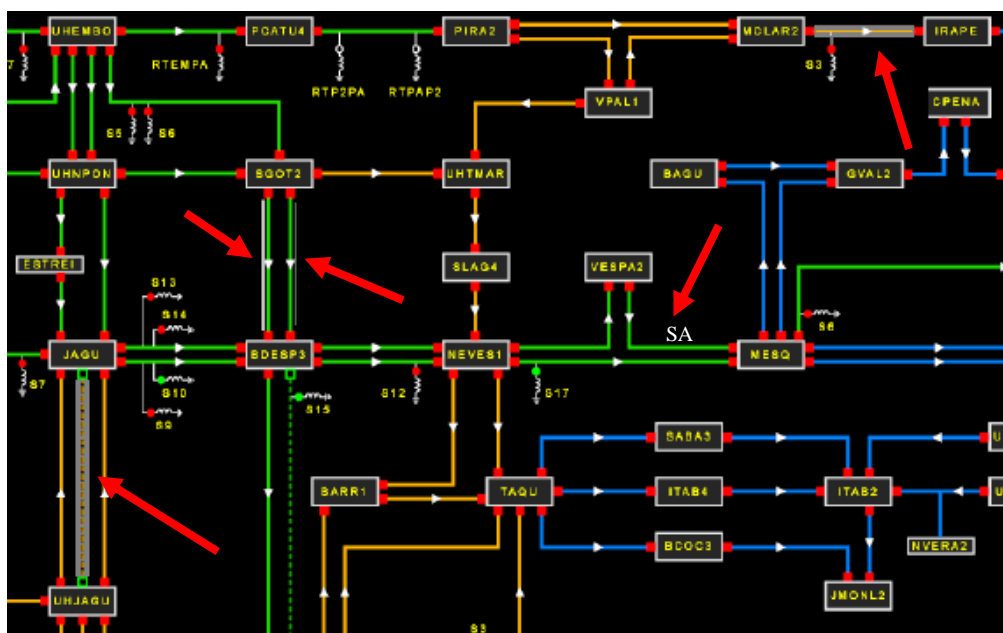


Figura 58 – Exemplos de indicação de falta de autonomia para restabelecimento (Fonte: SSCD, 2017)

Estas foram algumas formas pensadas para se conseguir uma informação clara, ágil e que não poluisse o painel ou prejudicasse a visualização de outras informações importantes.

Com isso, chegou-se à solução descrita a seguir, que dá para a sala de controle a informação instantânea sobre a autonomia e minimiza consideravelmente o tempo necessário para avaliação e tomada de decisão do operador (Figura 59).

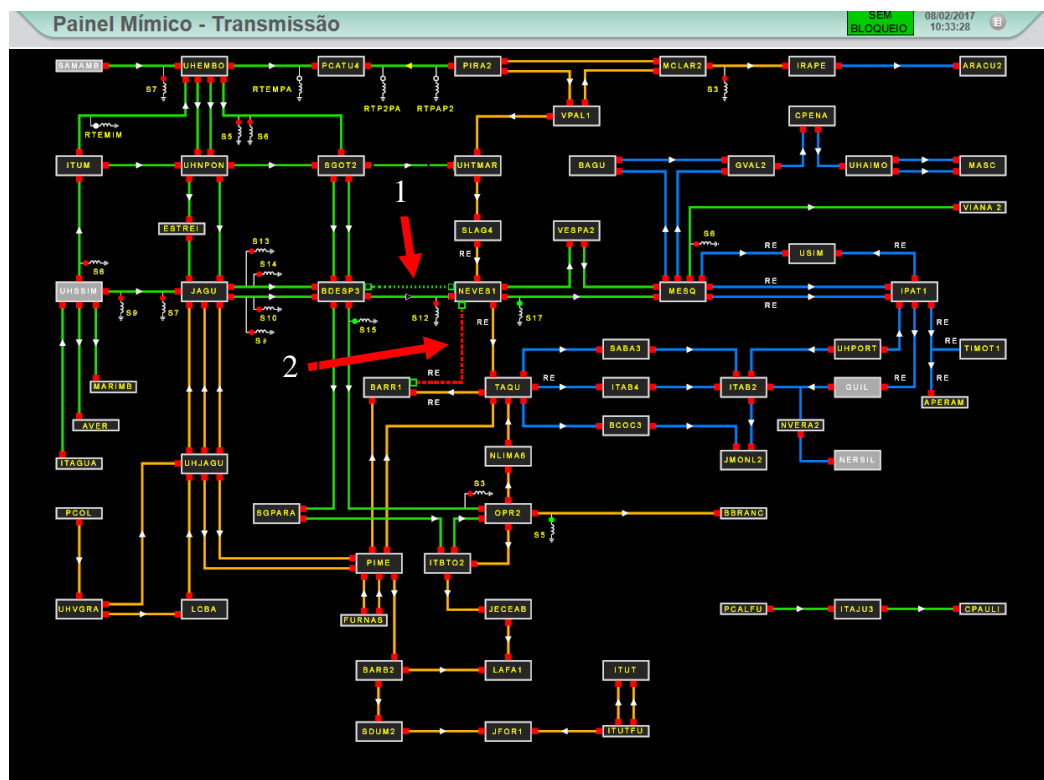


Figura 59 – Indicação de falta de autonomia para restabelecimento (Fonte: SSCD, 2017)

Como existem muito mais linhas de transmissão com autonomia que linhas sem, optou-se por sinalizar a exceção, ou seja, aquelas linhas que a sala de controle não tem autonomia para religar.

Sempre que uma LT que precise de coordenação do ONS desarma, ela perde a cor que indica o seu nível de tensão e fica vermelha (Figura 59 – seta 2) ao contrário das linhas para as quais o agente possui autonomia que mantêm a cor do nível de tensão (Figura 59 – seta 1). Com isso o operador já sabe que precisará disponibilizar a linha para o ONS sem a necessidade de executar inúmeros passos já descritos anteriormente.

Portanto, após o desligamento da linha, verificando-se que não há bloqueio através do botão de indicação e verificando-se que a linha não tem autonomia para restabelecimento, o operador pode rapidamente disponibilizá-la para o ONS minimizando o risco de ultrapassar o tempo de um minuto e consequentemente reduzindo a possibilidade de penalização.

7.4.3 Tela “Sequência de Unidades Geradoras”

A utilização das UG – Unidades Geradoras de uma determinada usina é definida pelo agente em função do programa de geração que é determinado pelo ONS. Garantindo-se que a geração programada ou a geração ajustada sejam cumprida, o agente tem liberdade para definir o número de UG utilizadas e a sequência de interligação ou desinterligação delas ao sistema.

No COS da Cemig até pouco tempo, a sequência de partida, parada, conversão para síncrono e reversão para gerador era controlada em instrução de operação e normalmente era definida pela equipe da usina em função do número de horas em funcionamento, restrições de geração, possibilidade de impactos ambientais etc.

Quando havia necessidade de alguma alteração na sequência, a equipe que cuida das instruções precisava fazer uma revisão na instrução ou emitir uma “MOP – Mensagem Operativa” alterando a IO daquela usina, o que gerava um trabalho muito grande para aquela equipe e ocupava um dos seus integrantes por um tempo considerável. Além disso, as ações de mudança de estado das unidades geradoras eram muito trabalhosas e com alto risco de falha pois o Despachante tinha que, para cada comando de partida, parada, conversão ou reversão, abrir a instrução ou a MOP, verificar a próxima unidade a ser movimentada, e executar a ação.

Por algumas vezes havia falhas na execução, manobrando uma unidade geradora na sequência diferente da estabelecida em instrução.

Após algumas conversas com a equipe, percebeu-se a necessidade de criar uma tela que auxiliasse o Despachante na execução desta tarefa que é rotineira, porém crítica.

A primeira tela desenvolvida fornecia à sala de controle a possibilidade de indicar qual era a sequência de operação das unidades geradoras para cada tipo de manobra (Figura 60).



Figura 60 – Primeira tela de controle de movimentação de unidades geradoras (Fonte: SSCD, 2017)

Após a implantação da tela, já houve ganho considerável no processo de elaboração/revisão de IO e MOP pois o controle das movimentações de unidades geradoras passou a ser feito diretamente no sistema de supervisão e controle sem necessidade de interferência daquela equipe.

Basicamente, a tela indica qual é a sequência de manobras (Figura 60 – seta 1) na usina para cada tipo de movimentação além de indicar o estado atual das unidades geradoras (Figura 60 – seta 2) e de possuir um campo livre para anotação e controle do motivo da última alteração e quem foi o solicitante (Figura 60 – seta 3). Quando há a necessidade de movimentação de unidades geradoras, o Despachante abre a tela de comandos, clica no tipo de movimentação desejada e a sequência é apresentada. O Despachante então seleciona a unidade desejada e abre-se então a tela para execução do comando.

Contudo, ainda foram percebidos alguns problemas na tela desenvolvida. Quando a tela era aberta ela já vinha carregada com as informações considerando a sequência de partida. Isto levou a algumas falhas pois algumas vezes o Despachante abria a tela, e se esquecia de escolher que tipo de movimentação ele queria levando à execução de uma sequência indevida.

Para minimizar esta possibilidade de falha, foi implantada uma alteração que quando a tela é aberta os campos não aparecem preenchidos, forçando o usuário a escolher que tipo de ação ele quer executar (Figura 61).

Sequência de Unidades Geradoras UHAMD1

UHAMD1 Sequência de Partida

Sequência:

- Partida
- Parada
- Conversão
- Reversão

Configurar sequência

Quadro de Avisos

Motivo:

Figura 61 – Tela “Sequência de Unidades Geradoras” modificação 1 (Fonte: SSCD, 2017)

Outro problema que também foi percebido pela sala de controle foi com relação à indicação da sequência das unidades geradoras. Na tela inicial foi usada a representação ordinal numérica (1^a, 2^a, 3^a, ...) o que levou a algumas operações indevidas pois o Despachante confundia a ordem com o número das unidades geradoras (UG1, UG2, UG3, ...).

Para solucionar esta inconsistência, a representação ordinal foi alterada de numérica para a representação por extenso (Primeira, Segunda, Terceira, ...) (Figura 62). Com estas alterações, chegou-se a uma tela consistente, útil e segura, mitigando as falhas, agilizando as ações e desburocratizando a atividade.



Figura 62 – Tela “Sequência de Unidades Geradoras” modificação 2 (Fonte: SSCD, 2017)

No desenvolvimento desta tela, além da interação com o usuário final, pode se observar a utilização de algumas premissas importantes estudadas nesta dissertação:

- Utilização do “Ciclo do Design”: Definição das funções e requisitos desejados, proposição da versão inicial, avaliação dos resultados e retomada do ciclo após a verificação de falhas ou inconsistências.
- Utilização de componentes da “Qualidade da Usabilidade”: Eficiência, Memorização, Erros e Satisfação.
- Princípio da Visibilidade: Identificação das funções e de maneira lógica e não ambígua.

7.4.4 Tela “SE Conselheiro Pena”

Durante a operação do SIN, os operadores da sala de controle precisam ter em mãos telas que apresentem as informações de maneira clara e consistente. O diagrama unifilar das subestações e usinas devem apresentar a condição dos equipamentos e as ligações elétricas de tal forma que não haja dúvidas na hora de uma manobra programada ou de um restabelecimento após uma contingência. No desenvolvimento do diagrama da subestação de Conselheiro Pena, optou-se por deixar os setores de 230 kV e o de 69/13,8 kV em telas separadas (Figura 63).

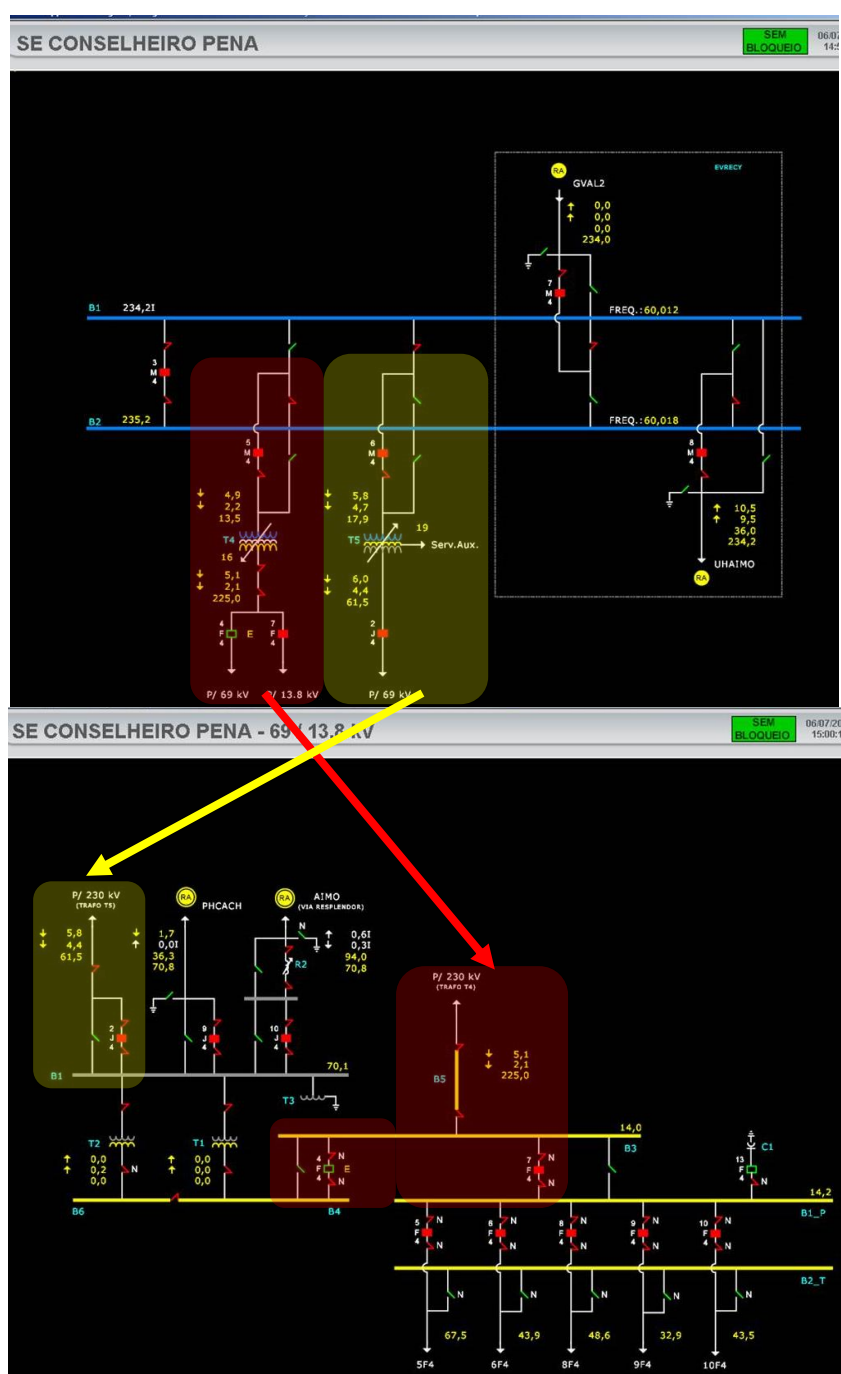


Figura 63 – Telas “SE conselheiro Pena” antes da modificação (Fonte: SSCD, 2016)

Esta pode ser uma solução necessária quando a subestação possui muitos equipamentos (este não era um caso) e a visibilidade e clareza das informações está prejudicada. Contudo, é preciso ficar atento às “conexões” entre as telas para que uma falha de consistência não leve o operador a fazer uma interpretação errada ou até mesmo a uma operação equivocada.

A separação do diagrama da SE Conselheiro Pena por si só já foi equivocada pois, em função do número de equipamentos da instalação, não havia a necessidade de apresentação em telas separadas. Mas este não foi o maior problema verificado na concepção das telas. Observando a figura anterior, verifica-se que na transição da conexão dos secundários dos transformadores T4 e T5 da tela do 230 kV para a tela do 69/13,8 kV a posição das ligações foram trocadas.

A ligação do transformador T4 com os disjuntores 4F4 e 7F4 passou do lado esquerdo para o lado direito e a ligação do transformador T5 ao disjuntor 2J4 passou do lado direito para o lado esquerdo. Esta inconsistência entre as telas provocou uma falha na operação da estação com o fechamento de um disjuntor de maneira equivocada após confusão do Despachante sobre a qual transformador pertencia determinado disjuntor.

Para eliminar a falha, optou-se por unir as duas telas em uma só e redefinir o posicionamento dos equipamentos para que as conexões ficassem claras e lógicas (Figura 64).

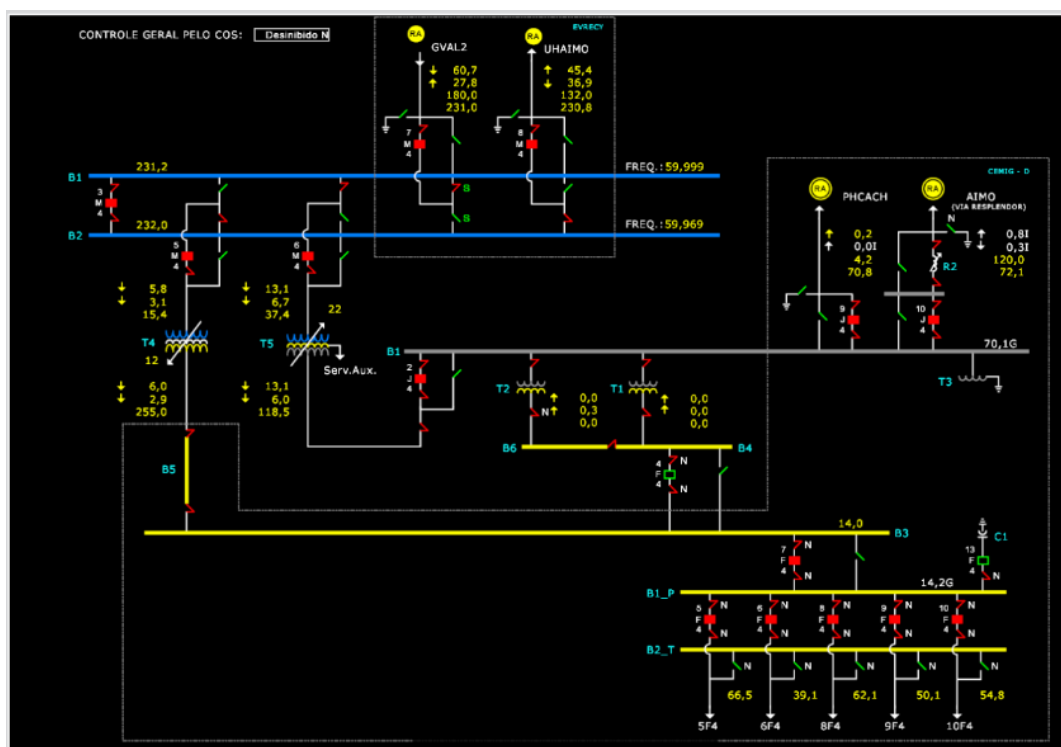


Figura 64 – Telas “SE conselheiro Pena” modificada (Fonte: SSCD, 2016)

Principais conceitos de Design observados neste exemplo:

- Princípio da “Visibilidade”
- Princípio da “Capacidade de Localização”
- Regras de ouro de Nielsen e Molich: “Consistência e padrões”
- Regras de ouro de Nielsen e Molich: “Prevenção de erros”
- Lei de Gestalt: “Lei da Pregnância”
- Lei de Gestalt: “Lei dos Elementos Conectados”
- Lei de Gestalt: “Lei da Região Comum”

7.4.5 Tela “Controle de tensão”

Uma das atividades mais rotineiras da equipe de operação das salas de controle de transmissão é a execução do controle de tensão. Esta é uma tarefa que normalmente não demanda grandes habilidades dos Despachantes, mas que pode ser fonte de muitas falhas de manobra com consequências indesejáveis para o sistema.

As ações de controle de tensão podem acontecer com autonomia do agente ou de maneira coordenada pelo ONS. Na Cemig esta divisão corresponde aproximadamente a 50% dos equipamentos de controle de tensão.

Antes da desconstratação do COS-Cemig como centro do ONS, os Despachantes da sala de controle possuíam autonomia para executar o controle de tensão utilizando 100% dos equipamentos. Após a desconstratação, o COS passou a ser subordinado a um centro regional do ONS e as manobras em grande parte dos equipamentos começou a ser realizada após as solicitações deste centro.

No início, a tela com os equipamentos para controle de tensão apresentava todos os equipamentos separados apenas por estação como pode ser visto na imagem a seguir (Figura 65).

Esta era uma configuração que atendia às necessidades da operação, primeiro pela quantidade reduzida de equipamentos e segundo pela total autonomia que a Cemig tinha para execução das manobras.

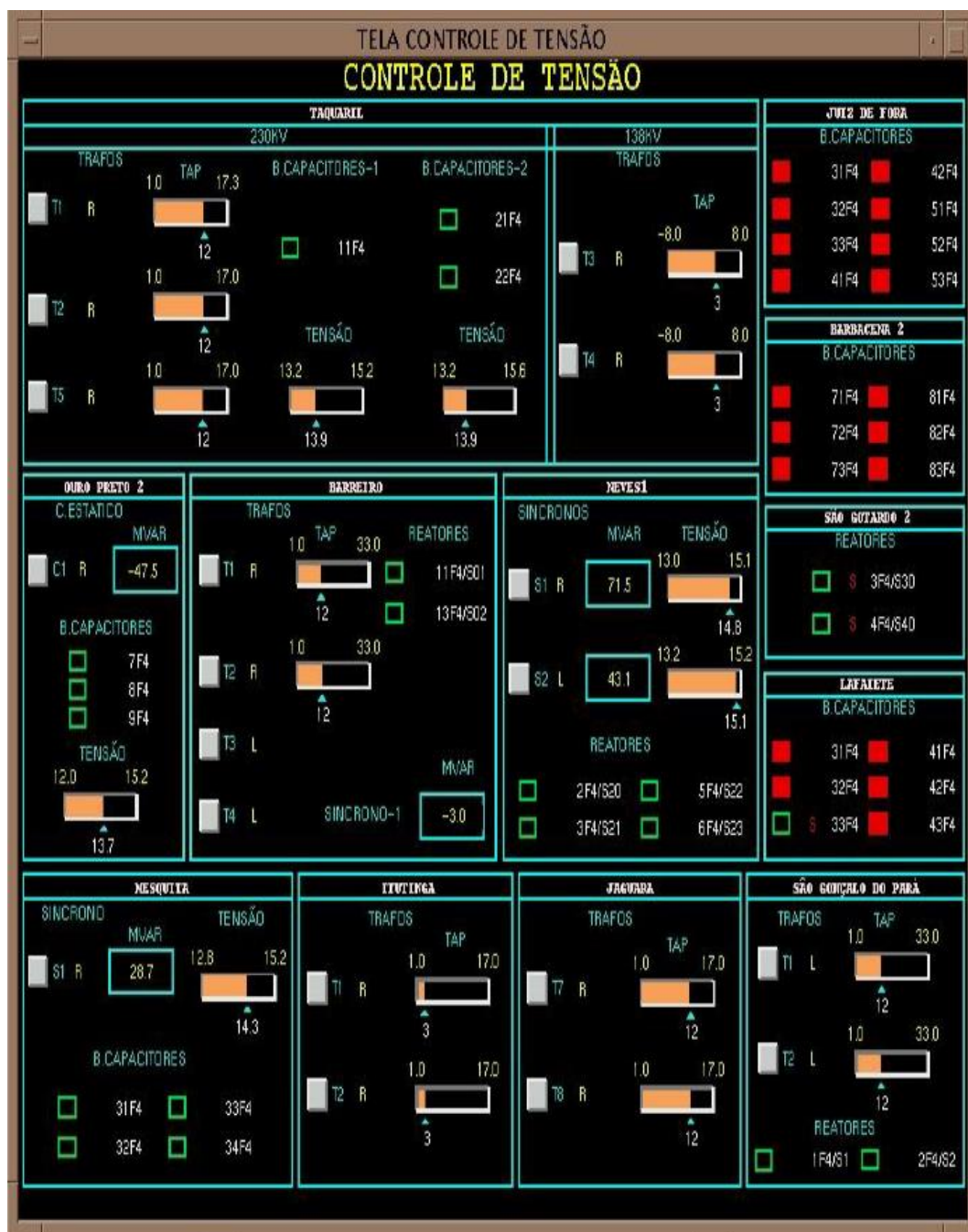


Figura 65 – Telas “Controle de Tensão” original (Fonte: SSCD, 2007)

Com o aumento do número de equipamentos de controle de tensão e o início da coordenação da operação pelo ONS, os equipamentos foram divididos entre “Equipamentos de Controle de Tensão – COSR-SE” e “Equipamentos de Controle de Tensão – COS CEMIG” como pode ser visto na imagem a seguir (Figura 66).

Além disto, houve também a separação em áreas comuns por tipo de equipamento (capacitores, reatores, transformadores e compensadores) buscando assim minimizar as falhas

de controle de tensão como, por exemplo, as manobras de equipamentos diferentes dos solicitados.

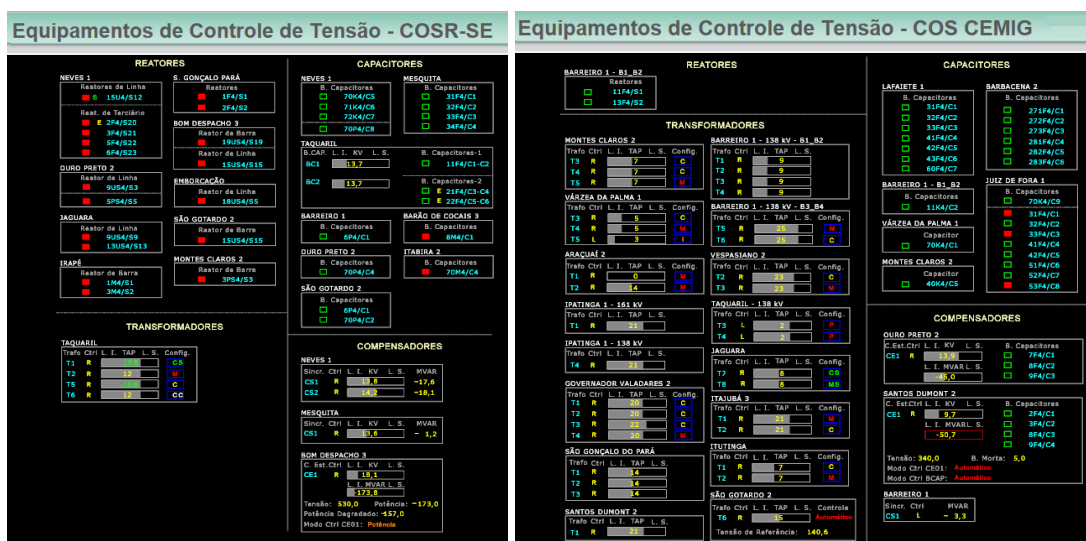


Figura 66 – Telas “Equipamentos de Controle de Tensão” separadas por autonomia e tipos de equipamentos (Fonte: SSCD, 2007)

Mesmo após esta mudança, percebia-se uma necessidade de apresentar os equipamentos de controle de tensão de uma maneira mais lógica e próxima do mundo real. Com isso, partiu-se para o desmembramento destas telas por tipo de equipamento e também de representá-los tal qual aparecem no diagrama unifilar das estações.

Esta alteração trouxe mais segurança à operação e agregou mais informação para o operador como nível de tensão na barra ao qual o equipamento está ligado, apresentação gráfica dos elementos e indicação do nível de tensão dos barramentos (Figura 67).

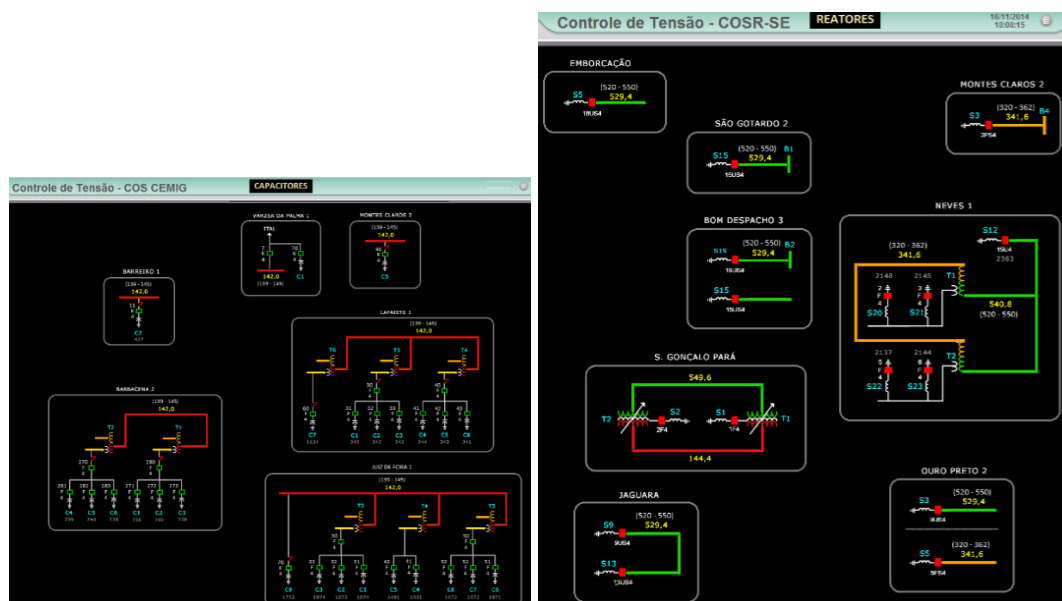


Figura 67 – Telas “Controle de Tensão” individuais por tipos de equipamentos (Fonte: SSCD, 2017)

A partir desta alteração foi acrescentado mais um passo às manobras de controle de tensão pois o Despachante deve abrir a tela geral (Figura 66), selecionar o tipo de equipamento a ser manobrado clicando sobre o nome desejado, e após a abertura da tela específica manobrar o equipamento desejado.

Principais conceitos de Design observados neste exemplo:

- Princípio da “Visibilidade”
- Princípio da “Aprendizagem”
- Regras de ouro de Nielsen e Molich: “Correspondência entre o sistema e o mundo real”
- Regras de ouro de Nielsen e Molich: “Prevenção de erros”
- Lei de Gestalt: “Lei da Similaridade”
- Lei de Gestalt: “Lei da Familiaridade ou do Significado”
- Lei de Gestalt: “Lei dos Elementos Conectados”
- Lei de Gestalt: “Lei da Região Comum”

7.4.6 Tela “Controle de Tensão/Potência São Gotardo 2”

Às vezes, algumas alterações que são relativamente simples podem evitar falhas importantes e minimizar erros de interpretação por parte do usuário sem a necessidade de grandes investimentos de recursos e de tempo.

O exemplo a seguir apresenta a tela de controle de tensão e de potência ativa do conjunto defasador da SE São Gotardo 2. Na primeira vez que a tela foi desenhada, a única preocupação que os desenvolvedores tiveram foi separar quais comandos pertenciam ao T6 (controle de tensão) e quais pertenciam ao T7 (controle de potência).

Como pode ser visto na imagem a seguir (Figura 68) cada uma das áreas delimitadas possui vários tipos de comandos que podem ser confundidos e levar o Despachante a uma ação mais lenta ou indevida.

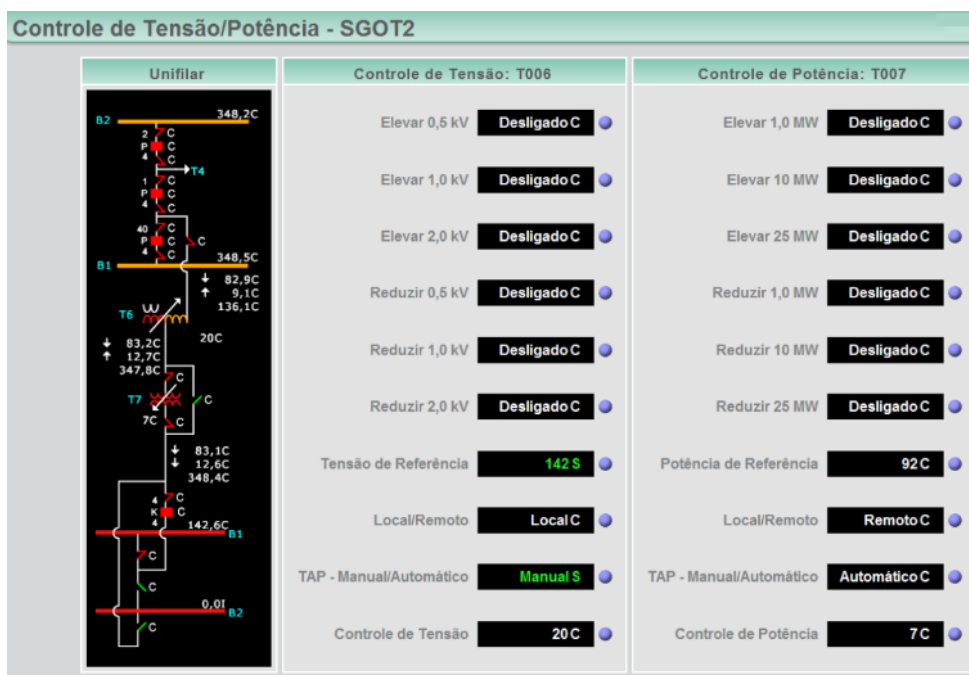


Figura 68 – Tela “Controle de Tensão/Potência – SGOT2” informações sem separação (Fonte: SSCD, 2015)

Após algum período de utilização, a equipe percebeu que as informações e os pontos de interação com a tela estavam muito confusos e com risco de levar o usuário a erros de interpretação ou até mesmo de manobra. A partir de algumas conversas com a equipe, chegou-se à configuração mostrada na imagem a seguir (Figura 69). Os pontos de monitoria e interação foram dispostos em função do tipo e com rótulos claros não deixando dúvidas da função de cada um deles, simplificando a interpretação e aprimorando o design da tela.

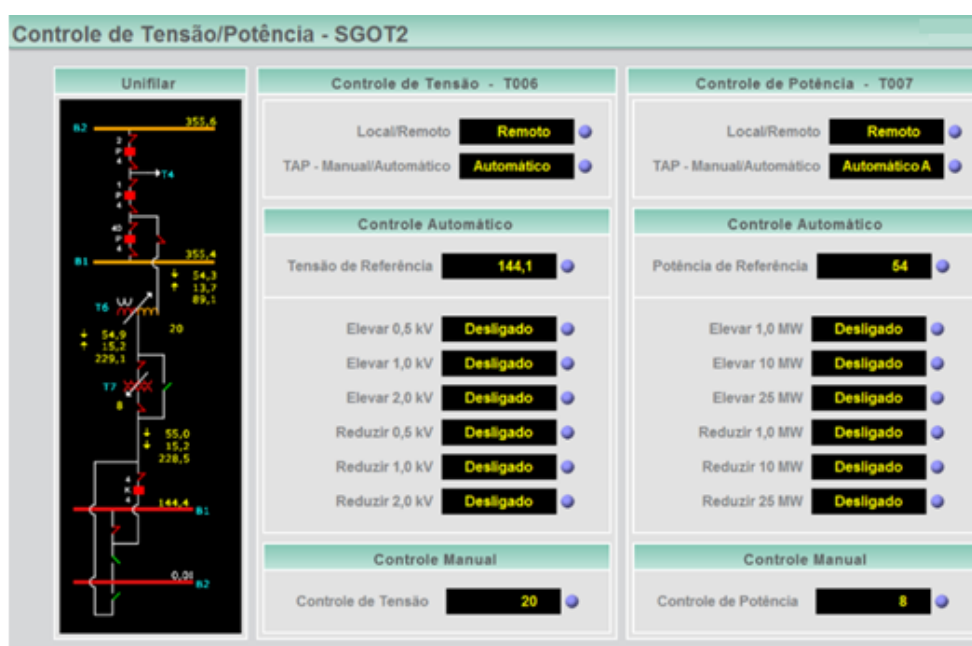


Figura 69 – Tela “Controle de Tensão/Potência – SGOT2” informações segregadas (Fonte: SSCD, 2015)

Principais conceitos de Design observados neste exemplo:

- Princípio da “Visibilidade”
- Princípio da “Capacidade de Localização”
- Regras de ouro de Nielsen e Molich: “Prevenção de erros”
- Lei de Gestalt: “Lei da Similaridade”
- Lei de Gestalt: “Lei da Proximidade”
- Lei de Gestalt: “Lei da Região Comum”

7.4.7 Tela “Diagrama unifilar”

Após a “abertura” do setor elétrico, vários agentes de geração e transmissão passaram a figurar nas várias instalações elétricas já existentes. O compartilhamento de instalações é uma realidade crescente e dependendo de como as informações de outros agentes são apresentadas na tela o operador da sala de controle pode tomar decisões erradas colocando em risco os seus ativos, os ativos de outras empresas, a vida de terceiros e a operação do SIN.

O exemplo apresentado a seguir mostra que, com uma alteração simples no diagrama unifilar, pode-se definir claramente qual é a área de atuação de cada agente agregando segurança e agilidade às tomadas de decisão pela operação.

As telas a seguir (Figura 69) apresentam as alterações desenvolvidas para indicar ao Despachante qual é a sua área de responsabilidade de tal forma que não haja dúvidas principalmente em momentos de alto estresse como nos restabelecimentos.

Pode-se observar três áreas distintas de atuação do Despachante da sala de controle dentro da subestação apresentada. A primeira e principal é a área com fundo preto e sem delimitação. Esta área mostra os equipamentos pertencentes à Cemig e cuja operação é executada pelo COS.

A segunda área também apresenta fundo preto (a operação é feita pelo COS da Cemig) contudo o equipamento pertence a outro ativo (neste caso Furnas). Estes equipamentos são delimitados por uma linha tracejada e a área possui a inscrição do nome do agente proprietário do ativo.

A terceira área também possui a delimitação, mas o fundo é cinza e além do nome do proprietário do ativo, o centro de operação responsável por aqueles ativos também é apresentado na tela.

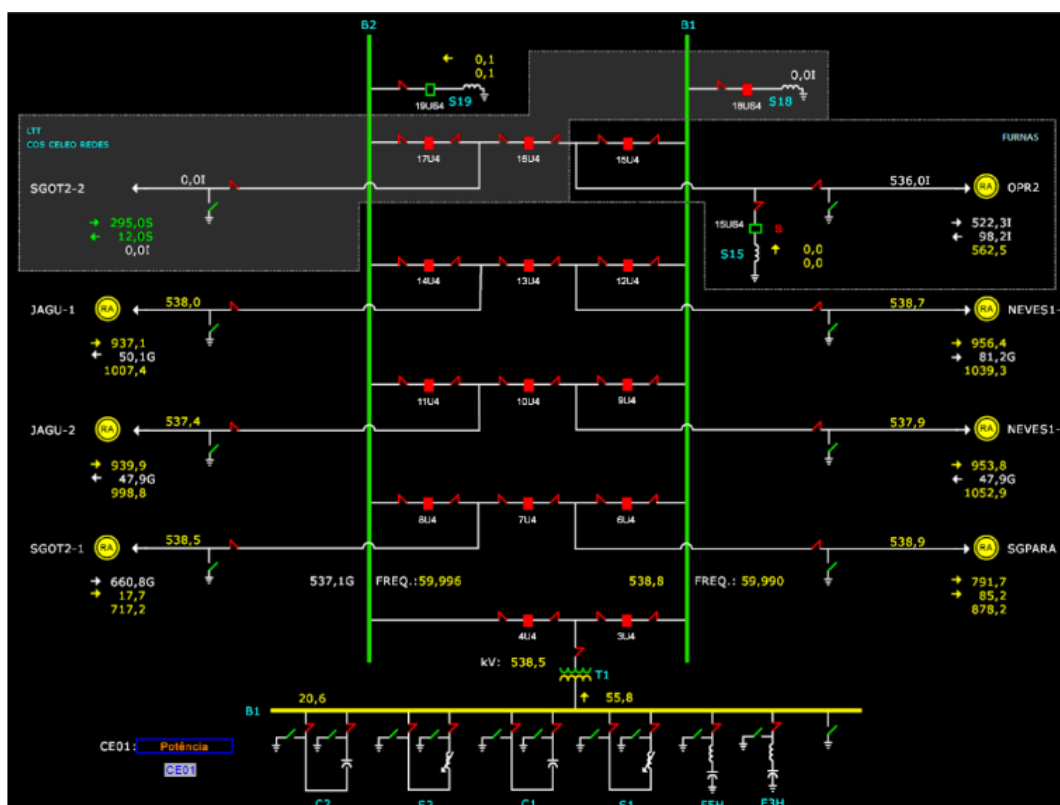


Figura 70 – Informação “Áreas de atuação da operação” (Fonte: SSCD, 2016)

Principais conceitos de Design observados neste exemplo:

- Princípio da “Visibilidade”
- Princípio da “Capacidade de Localização”
- Princípio da “Consistência e Padrões”
- Lei de Gestalt: “Lei Pregnância”
- Lei de Gestalt: “Lei da Região Comum”

7.4.8 Tela “Diagrama unifilar SE Emborcação”

Um tipo de atuação no design de telas de um sistema de supervisão e controle que geralmente costuma trazer bastante problema para os usuários é a representação de ampliações das instalações do sistema elétrico.

Invariavelmente o desenvolvedor parte de uma tela que já está pronta e talvez por comodidade ou na tentativa de agilizar a entrega da tela, ele tenta aproveitar o desenho anterior e “encaixar” os novos equipamentos nos espaços vazios. Este tipo de ação pode gerar desenhos confusos, pouco otimizados e de difícil entendimento.

A tela apresentada a seguir (figura 71) apresenta o desenho de uma instalação onde houve o acréscimo de novos equipamentos (Transformador T10 e disjuntos 1U4) e a mudança de conexão de outros (Transformador T7 e Unidade geradora UG1). Percebe-se que há cruzamento desnecessário de linhas, posicionamento desalinhado dos Transformadores T6, T7 e T10 e posicionamento despadrãozido dos equipamentos.

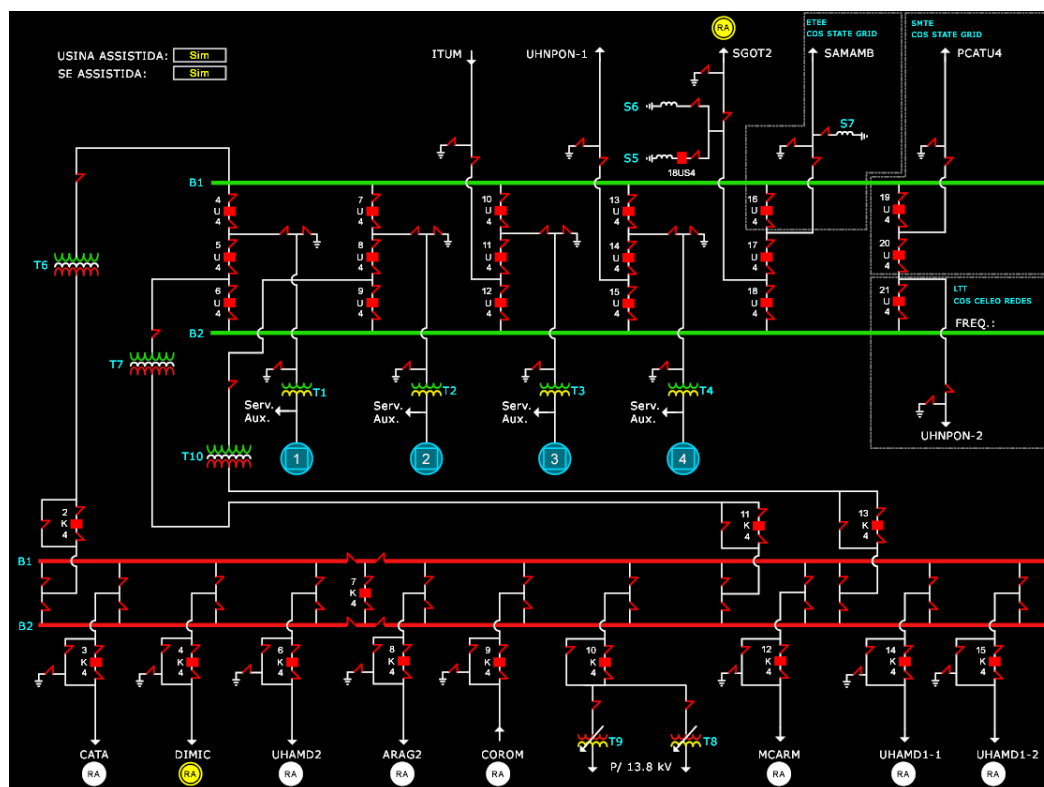


Figura 71 – Design criado aproveitando a tela anterior sem alterações significativas (Fonte: SSCD, 2016)

Após várias interações com a equipe exercitando algumas formas de melhorar o design da tela, chegou-se a uma configuração com estética mais “clean” e posicionamento mais coerente dos equipamentos.

A imagem da tela alterada a seguir (Figura 72) apresenta o resultado do trabalho da sala de controle e dos engenheiros de operação através das interações com a equipe de desenvolvimento de interfaces do SSCD.

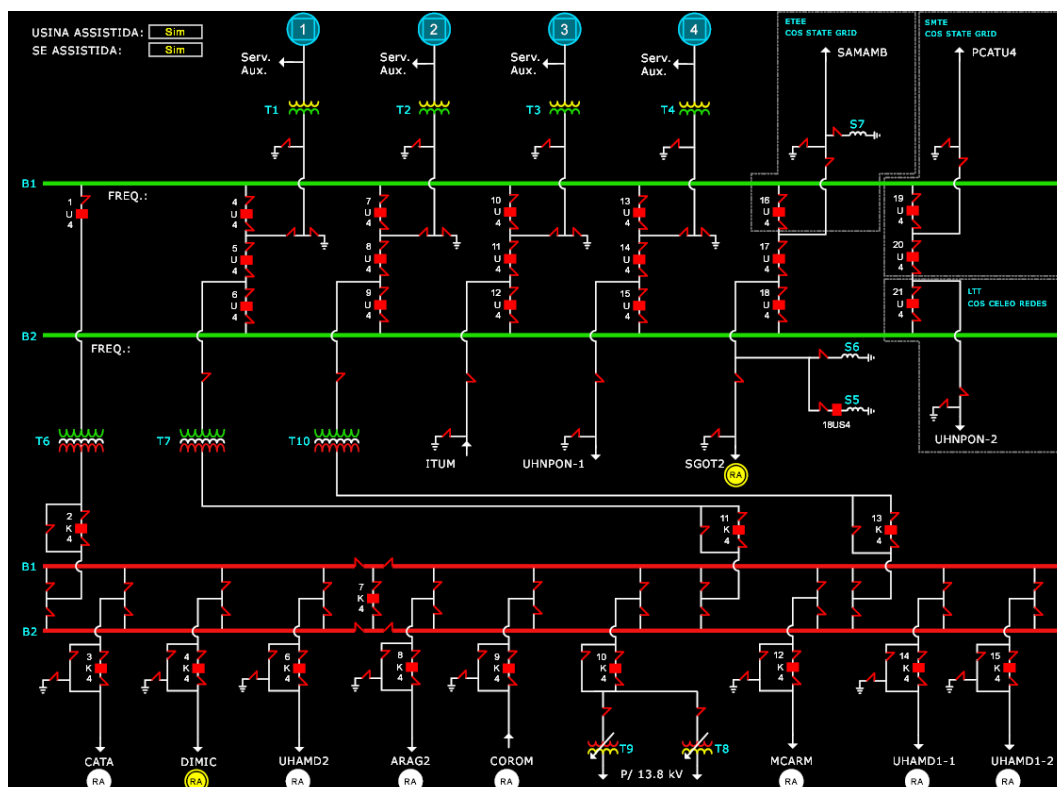


Figura 72 – Design alterado com as alterações sugeridas pela equipe (Fonte: SSCD, 2016)

Principais conceitos de Design observados neste exemplo:

- Princípio da “Visibilidade”
- Princípio da “Capacidade de Localização”
- Princípio da “Design Estético e Minimalista”
- Princípio da “Consistência e Padrões”
- Lei de Gestalt: “Lei Pregnância”
- Lei de Gestalt: “Lei da Região Comum”

8 Aplicação da Avaliação Heurística no COS da Cemig para Avaliação da Interface Utilizada pelos Despachantes

8.1 As contribuições do P&D GT-462 – Desenvolvimento de uma metodologia para prevenção e tratamento de falhas humanas nos centros de operação da Cemig

O P&D¹³ GT-462 tem como parceiros de projeto a Cemig e a UFU – Universidade Federal de Uberlândia com o envolvimento de uma equipe multidisciplinar com engenheiros, psicólogos e estatísticos sendo o autor desta dissertação membro efetivo deste projeto. Iniciado em 2014, este projeto de pesquisa e desenvolvimento busca entender as fontes das falhas da equipe de operação do COS bem como propor medidas para minimizar as fontes de erros além de propor metodologias de avaliação das atividades e de tratamento do pós-falhas.

Esse P&D tem basicamente três características:

- É uma oportunidade de atendimento às necessidades do setor elétrico na prevenção e tratamento de falhas humanas.
- Os resultados do P&D possibilitarão o uso de sistemas que visam a maximização da atenção e da vigilância do indivíduo baseado na detecção, avaliação e tratamento de fatores críticos.
- A metodologia proposta poderá ser individualizada para cada profissional, que considerará as peculiaridades e características inerentes ao indivíduo.

Uma das entregas do P&D é trazer uma revisão sobre a Interface Homem-Máquina e a Usabilidade, abordando de forma detalhada a técnica de Avaliação Heurística que utiliza avaliadores experientes para análise de interfaces e também mostrar os resultados obtidos com a aplicação dessa metodologia.

Como já apresentada nesta dissertação, a Avaliação Heurística é um método tradicional de avaliação de usabilidade. Consiste em uma técnica de inspeção, onde basicamente os avaliadores interagem com a interface e julgam a sua adequação comparando-a com princípios de usabilidade reconhecidos, as heurísticas, que são resultantes da decomposição de eficiência, eficácia.

¹³ P&D – Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica. O objetivo do Programa de P&D é alocar adequadamente recursos humanos e financeiros em projetos que demonstrem a originalidade, aplicabilidade, relevância e a viabilidade econômica de produtos e serviços, nos processos e usos finais de energia. Busca-se promover a cultura da inovação, estimulando a pesquisa e desenvolvimento no setor elétrico brasileiro, criando novos equipamentos e aprimorando a prestação de serviços que contribuam para a segurança do fornecimento de energia elétrica, a modicidade tarifária, a diminuição do impacto ambiental do setor e da dependência tecnológica do país.

É um método de baixo custo, rápido e de fácil aplicação. Tem sido tradicionalmente utilizado para avaliar sites e interfaces de software para apontar dificuldades nos projetos de design. Nesta técnica os avaliadores percorrem a interface e identificam os elementos que violam as heurísticas de usabilidade. Pela facilidade de execução, os avaliadores podem conduzir a avaliação em poucas horas com um mínimo de treinamento. A expertise dos avaliadores é um fator importante, pois diferentes avaliadores encontram problemas distintos e a experiência exerce grande influência nos resultados de uma avaliação heurística.

8.2 Definição do método

A metodologia da Avaliação Heurística recomenda que devem participar do processo entre 3 e 6 avaliadores. Este número de avaliadores é o que é considerado capaz de detectar a maior porcentagem de erros, até 75%.

Nesta etapa foram propostas 14 heurísticas de usabilidade, já apresentadas nesta dissertação e lembradas resumidamente a seguir:

1. **Consistência e padrões:** os operadores não devem ter que se preocupar se as palavras, situações ou ações significam a mesma coisa, se for adotado um padrão este deve ser seguido em todos os contextos do sistema;
2. **Visibilidade do estado do sistema:** o sistema deve manter o operador informado do que está ocorrendo, através de feedback apropriado;
3. **Correspondência entre o sistema e o mundo real:** o sistema deve estar em conformidade com o modo que operador o idealiza, usar conceitos familiares e convencionais, tornando as informações naturais e lógicas;
4. **Design minimalista:** os diálogos devem conter somente a informação necessária para o bom entendimento do operador;
5. **Reconhecer ao invés de lembrar:** os operadores não devem ter necessidade de se lembrar de informação de uma parte para a outra do sistema, além disso, as instruções devem estar visíveis ou fáceis de localizar;
6. **Feedback Informativo:** aos operadores deve ser dado o feedback imediato e informativo sobre suas ações;

7. **Flexibilidade e eficiência de uso:** o sistema deve satisfazer tanto os operadores principiantes quanto os experientes. A disponibilização de atalhos é uma forma de ajustamento aos vários tipos de operador;
8. **Ajudar os utilizadores a reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros:** as mensagens de erro devem ser claras, objetivas, definir o problema e sugerir soluções;
9. **Prevenção de erros:** o sistema deve ser desenvolvido de maneira que impeça que os erros aconteçam em primeiro lugar;
10. **Encerramento claro:** cada tarefa tem um começo e um fim. Os operadores devem ser claramente notificados sobre a conclusão de uma tarefa;
11. **Ações reversíveis:** os operadores devem ter permissão para recuperar-se de erros. As ações reversíveis são as que incentivam aprendizagem exploratória;
12. **Linguagem dos usuários:** a linguagem deve sempre ser apresentada de forma compreensível pelos operadores pretendidos;
13. **Controle do utilizador:** o sistema deve ser concebido de tal forma que os operadores iniciem as ações, e não as respondam; o sistema deve evitar ações surpreendentes, resultados inesperados, sequências tediosas de ações, que aparentam que o operador está sob controle do sistema;
14. **Ajuda e documentação:** o sistema deve facultar ajuda e ter uma forma de pesquisa rápida, focada na tarefa do operador, listando concretamente os passos a serem seguidos, que não devem ser extensos.

Durante a avaliação da equipe, quando uma heurística é violada, é dada uma classificação de gravidade considerando-se: a proporção de operadores que fazem uso do equipamento ou do sistema, o impacto que isso terá sobre a sua experiência com o produto, e se o problema de usabilidade será permanente. Um problema persistente com um grande impacto para a maioria dos operadores irá obter a classificação mais alta de gravidade. Nesta avaliação foi usada a escala de gravidade apresentada a seguir:

15. 0 – Nenhum problema de usabilidade, não se concorda que seja um problema de usabilidade;

16. 1 – Problema superficial. Não precisa ser corrigido, a menos que haja tempo extra disponível;
17. 2 – Problema de usabilidade menor. À solução deste problema deve ser dada prioridade baixa;
18. 3 – Grande problema de usabilidade. Importante para corrigir. Deve ser dada alta prioridade;
19. 4 – Catástrofe de usabilidade. Obrigatoriedade de correção anterior à sua aplicação.

8.3 Aplicação do método

Neste estudo houve a participação de seis avaliadores que trabalham no COS da Cemig avaliando as interfaces do SSCD, que possuem familiaridade com a utilização do sistema utilizado para avaliação.

Antes da avaliação, os avaliadores tiveram uma palestra presencial onde foram abordados os temas Usabilidade, Avaliação Heurística, as 14 Heurísticas (com exemplos do cotidiano para ilustrá-las) e a escala de gravidade.

No próprio ambiente de trabalho, o COS, foi disponibilizada aos participantes da pesquisa uma tabela em *Microsoft Excel*© (Tabela 1) e foram dadas novamente instruções sobre como realizar a avaliação. Juntamente com a Tabela a ser preenchida foram anexadas as quatorze heurísticas apresentadas anteriormente, suas descrições e também a escala de gravidade apresentada neste capítulo.

Avaliação da Usabilidade do SSCD por meio de Avaliação Heurística			
Local de Ocorrência <i>Indicar claramente em qual passo ou tela ocorreu o problema</i>	Descrição do problema de usabilidade	Heurística (s) Violada (s) <i>Colocar cada heurística violada em uma coluna</i>	Gravidade da violação

Tabela 1 – Tabela exemplo para Avaliação Heurística (Fonte: P&D GT-462)

Os avaliadores ficaram cerca de um mês analisando as interfaces do SSCD com o objetivo de avaliar a Usabilidade por meio da Avaliação Heurística, anotando na tabela o que identificavam de problemas com as interfaces que utilizam durante a realização das suas tarefas

e também a gravidade de cada problema. Cada um deles preencheu duas tabelas, com dois grupos de “Locais de Ocorrências” (Tabela 2 e Tabela 3).

Avaliação da IHM do SSCD								
Local de Ocorrência Indicar claramente em qual tela ou passo ocorreu o problema	Descrição do problema de usabilidade	Heurística(s) violada(s) Colocar cada heurística violada em uma coluna					Classificação da gravidade da violação	
Disjuntores em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14					2	
Equipamentos em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14					2	
Grandezas em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14					2	
Equipamentos em modo local.	Ao clicar no equipamento a linha condições especiais não exibe as informações que são digitadas nos tags do equipamento no unificar da estação.	2	4	5	6	13	14	3
ECE	Melhorar tela ECE com um resumo do estado de todos ECES, inclusive os que o COS não possui supervisão.	2	5	14				2
Monitoramento e controle de teleproteções	Incluir nesta tela campo para informações de motivo de bloqueio, chamados abertos e demais ações realizadas.	2	5	14				2
Níveis de reservatórios -> vazão.	Incluir campo indicativo de vazão defluente para início de comunicação e configurar alarme em situação de atingir a vazão nas UHE's e PCH's.	2	5	14				2
Alarmes	Permitir abrir mais de uma tela de alarme e função filtro por estação (possui opção no SSCD porém não funciona).	2	4	5	6	13	14	3
Bloqueio em equipamentos	Incluir na tela opção de justificar/consultar o motivo do bloqueio em caso de intervenções/indisponibilidades.	14						2
Controle de geração	Informações sobre requisitos de patamares de elevação/redução de geração (ex.: Funil, Miranda, Rosal, Itapé).	14						2
Gerenciamento de contingência	Tornar obrigatória a digitação da previsão de normalização.	2	4	9				2
Gerenciamento de contingência	Aumentar o espaço para digitar causa/ação.	2	4	9				2
Gerenciamento de contingência	Desenvolver alternativa para separar as contingências relacionadas a intervenções das outras.	4	8					2
Gerenciamento de contingência	Incluir campo para despachante classificar contingência como "impeditiva de desassistência" de forma a controlar os acionamentos com as equipes locais.	4	8	9				2
Gerenciamento de contingência	Para contingências manuais, permitir a edição da data/hora e fato gerador.	11						2
Linhas de rascunho das telas	Inserir tela específica para controle das linhas de rascunho.	4	8	14				2
Panel mimico geração	Possibilidade de cadastro de testes de comprovação pendentes e controle do teste através de temporizador.	5	14					3
Panel mimico geração	Possibilidade de indicação no mimico unidades geradora com CPFA contratado	5	14					2
Panel mimico geração	Informações gerais sobre vazão mínima/tempo de restabelecimento/vazão para comunicação em guias/ ou layers	5	14					2
Telas de comando de unidades geradoras	Replicar na tela de comando da UG selecionada um resumo da sequência cadastrada para partida/parada/conversão/reversão.	5	14					3

Tabela 2 – Avaliação Heurística Grupo 1 (Fonte: P&D GT-462)

Avaliação da IHM do SSCD		Descrição do problema de usabilidade	Heurística(s) violada(s) Colocar cada heurística violada em uma coluna										Classificação da gravidade da violação		
Local de Ocorrência Indicar claramente em qual tela ou passo ocorreu o problema															
Tela Painel Mímico		Colocar na barra de menu de navegação igual tem na tela principal/mapa do SSCD	2	14											2
Tela Alarme		Habilitar os filtros, data e hora, estação, equipamentos, reles bloqueios operados e prioridade de alarmes e etc.	2	14											3
Tela Alarme		Alarmes de acionamento imediato e não tratados sempre ficar visível/prioridade alta na barra de rolagem	2	13											3
Tela de Contingências de Atendimento Imediato		Habilitar os filtros, data e hora, estação, equipamentos, se o tratamento/ações esta em andamento.	2	13											2
Tela Painel Mímico Geração		Simbolizar que uma unidade geradora esta em teste de comprovação de disponibilidade geração	2	13											2
Telas Q. Aviso - Disjuntores Cond. Especias		Habilitar os filtros, data e hora, estação e equipamentos, Despachante/Usuários.	2	13											3
Telas Q. Aviso - Equipamentos Cond. Especias		Habilitar os filtros, data e hora, estação e equipamentos, Despachante/Usuários.	2	13											3
Tela Alarme		Definir e cria temporização dos alarmes - Pontos Medição e os estados equipamentos (quando for o caso - Ex. VCC circuito comando, carregador de baterias falha e etc)	2	13											3

Tabela 3 – Avaliação Heurística Grupo 2 (Fonte: P&D GT-462)

Um único problema de usabilidade identificado por um avaliador pode levar à violação de múltiplas heurísticas. Assim, o número de heurísticas violadas é tipicamente maior que o número de problemas de usabilidade identificados. Nesta análise do SSCD foram encontrados 28 (vinte e oito) problemas de usabilidade que geraram 65 (sessenta e cinco) violações heurísticas. Foram apontados problemas em 16 (dezesesseis) “Locais de Ocorrência”. A Tabela a seguir (Tabela 4) traz um resumo dos locais e o número de vezes que o local foi citado.

Pode-se observar que os três locais de ocorrência que apresentaram o maior número de citações foram o “Gerenciamento de contingência”, “Painel mimico geração” e “Alarmes” com 5 (cinco), 4 (quatro) e 4 (quatro) citações respectivamente.

Local de Ocorrência	Número de vezes que foi citado	Percentual
1 – Disjuntores em condições especiais	02	7%
2 – Equipamentos em condições especiais	02	7%
3 – Grandezas em condições especiais	01	3,6%
4 – Equipamentos em modo local	01	3,6%
5 – ECE	01	3,6%
6 – Monitoramento e controle de teleproteções	01	3,6%
7 – Níveis de reservatórios -> vazão	01	3,6%
8 – Alarmes	04	14,3%
9 – Bloqueio em equipamentos	01	3,6%
10 – Controle de geração	01	3,6%
11 – Gerenciamento de contingência	05	17,8%
12 – Linhas de rascunho das telas	01	3,6%
13 – Painel mimico geração	04	14,3%
14 – Telas de comando de unidades geradoras	01	3,6%
15 – Tela Painel Mimico	01	3,6%
16 – Tela de Contingências de Atendimento Imediato	01	3,6%
Total	28	100%

Tabela 4 – Resumo do local de ocorrência e o número de citações (Fonte: P&D GT-462)

As imagens a seguir (Tabela 5 e Figura 73) trazem o resumo das heurísticas citadas e o número de vezes que foram apontadas na análise da interface. Pode-se visualizar que a heurística que foi violada mais vezes foi a heurística 14 (“Ajuda e Documentação”), com 17 (dezessete) citações. A heurística 2 (“Visibilidade do estado do sistema”) também teve grande número de citações, 15 (quinze) ao todo.

Os locais em que os avaliadores identificaram o maior número de violação de heurísticas foram “Equipamentos em modo local” e “Alarmes”. Ressaltando que os dois locais apresentam as mesmas heurísticas violadas: 2, 4, 5, 6, 13 e 14.

As heurísticas 1 (“Consistência e padrões”), 3 (“Correspondência entre o sistema e o mundo real”), 7 (“Flexibilidade e eficiência de uso”), 10 (“Encerramento claro”) e 12 (“Linguagem dos usuários”) não foram citadas pelos avaliadores.

Heurística violada	Número de vezes que foi citada	Percentual
2. Visibilidade do estado do sistema	15	23.1%
4. Design minimalista	07	10.8%
5. Reconhecer ao invés de lembrar	09	13.8%
6. Feedback Informativo	02	3.1%
8. Ajudar os utilizadores a reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros	03	4.6%
9. Prevenção de erros	03	4.6%
11. Ações reversíveis	01	1.5%
13. Controle do utilizador	08	12.3%
14. Ajuda e documentação	17	26.2%
Total	65	100%

Tabela 5 – Heurística violada e o número de citações (Fonte: P&D GT-462)

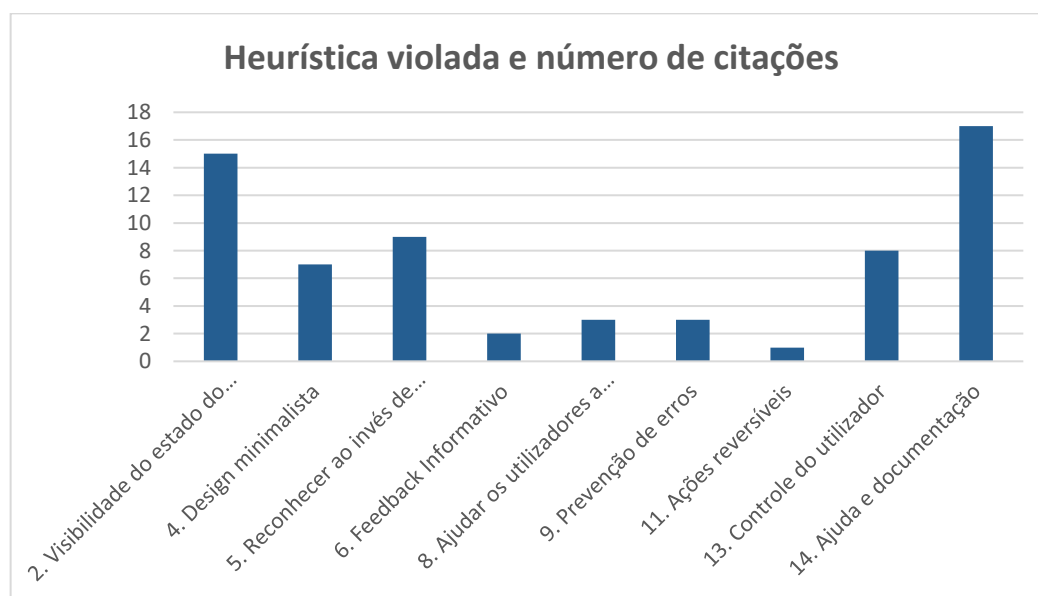


Figura 73 – Heurística violada e o número de citações (Fonte: P&D GT-462)

Dos 28 (vinte e oito) problemas de usabilidade apresentados nas duas avaliações, 9 (nove) tiveram classificação de gravidade igual a 3 (três) e as 19 (dezenove) restantes com

classificação de gravidade igual a 2 (dois). Assim, existem nove problemas que, de acordo com a classificação de gravidade, são grandes problemas de usabilidade aos quais deve ser dada prioridade alta de correção.

Para completar a análise, uma vez que os avaliadores encontraram os potenciais problemas de usabilidade, as Tabelas 2 e 3 preenchidas pelos avaliadores foram compiladas em uma única lista principal (Tabela 6), que foi repassada novamente aos avaliadores para que avaliassem de forma independente a gravidade de cada violação.

Avaliação da IHM do SSCD												
Local de Ocorrência Indicar claramente em qual tela ou passo ocorreu o problema	Descrição do problema de usabilidade	Heurística(s) violada(s) Colocar cada heurística violada em uma coluna										Classificação da gravidade da violação
Disjuntores em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14										
Disjuntores em condições especiais.	Habilitar os filtros, data e hora, estação e equipamentos, Despachante/Usuários.	2	13									
Equipamentos em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14										
Equipamentos em condições especiais.	Habilitar os filtros, data e hora, estação e equipamentos, Despachante/Usuários.	2	13									
Grandezas em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14										
Equipamentos em modo local.	Ao clicar no equipamento a linha condições especiais não exibe as informações que são digitadas nos tags do equipamento no unificar da estação.	2	4	5	6	13	14					
ECE	Melhorar tela ECE com um resumo do estado de todos ECES, inclusive os que o COS não possui supervisão.	2	5	14								
Monitoramento e controle de teleproteções	Incluir nesta tela campo para informações de motivo de bloqueio, chamados abertos e demais ações realizadas.	2	5	14								
Níveis de reservatórios -> vazão.	Incluir campo indicativo de vazão defluente para início de comunicação e configurar alarme em situação de atingir a vazão nas UHE's e PCH's.	2	5	14								
Alarmes	Permitir abrir mais de uma tela de alarme e função filtro por estação (possui opção no SSCD porém não funciona).	2	4	5	6	13	14					
Alarmes	Habilitar os filtros, data e hora, estação, equipamentos, reles bloqueios operados e prioridade de alarmes e etc.	2	14									
Alarmes	Alarmes de acionamento imediato e não tratados sempre ficar visível/prioridade alta na barra de rolagem	2	13									
Alarmes	Definir e cria temporização dos alarmes - Pontos Medição e os estados equipamentos (quando for o caso - Ex. VCC circuito comando, carregador de baterias falha e etc)	2	13									
Bloqueio em equipamentos	Incluir na tela opção de justificar/consultar o motivo do bloqueio em caso de intervenções/indisponibilidades.	14										
Controle de geração	Informações sobre requisitos de patamares de elevação/redução de geração (ex.: Funil, Miranda, Rosal, Irapé).	14										
Gerenciamento de contingência	Tornar obrigatória a digitação da previsão de normalização.	2	4	9								
Gerenciamento de contingência	Aumentar o espaço para digitar causa/ação.	2	4	9								
Gerenciamento de contingência	Desenvolver alternativa para separar as contingências relacionadas a intervenções das outras.	4	8									
Gerenciamento de contingência	Incluir campo para despachante classificar contingência como "impeditiva de desassistência" de forma a controlar os acionamentos com as equipes locais.	4	8	9								
Gerenciamento de contingência	Para contingências manuais, permitir a edição da data/hora e fato gerador.	11										
Tela de Contingências de Atendimento Imediato	Habilitar os filtros, data e hora, estação, equipamentos, se o tratamento/ações está em andamento.	2	13									
Linhas de rascunho das telas	Inserir tela específica para controle das linhas de rascunho.	4	8	14								
Painel mimico geração	Possibilidade de cadastro de testes de comprovação pendentes e controle do teste através de temporizador	5	14									
Painel mimico geração	Possibilidade de indicação no mimico unidades geradora com CPSA contratado	5	14									
Painel mimico geração	Informações gerais sobre vazão mínima/tempo de restabelecimento/vazão para comunicação em guias/ ou layers	5	14									
Painel mimico geração	Simbolizar que uma unidade geradora está em teste de comprovção de disponibilidade geração.	2	13									
Tela Painel Mímico	Colocar na barra de menu de navegação igual tem na tela principal/mapa do SS.CD	2	14									
Telas de comando de unidades geradoras	Replicar na tela de comando da UG selecionada um resumo da sequência cadastrada para partida/parada/conversão/reversão.	5	14									

Tabela 6 – Heurística violada e o número de citações (Fonte: P&D GT-462)

As próximas tabelas (Tabelas 7 a 12) mostram os resultados da avaliação de cada avaliador para os 28 locais de ocorrência identificados com problemas de usabilidade. Pode-se observar que a gravidade de violação das heurísticas variou de 0 a 4, passando, portanto, por

toda a escala de gravidade, desde a mais baixa até a mais alta. Importante ressaltar que o avaliador 1 pontuou a gravidade do local de ocorrência 28 com nota 5. Porém a nota máxima para a gravidade é 4. Assim, nas análises foi considerada nota 4 para esse item desse avaliador.

Avaliação da IHM do SSCD													
	Local de Ocorrência Indicar claramente em qual tela ou passo ocorreu o problema	Descrição do problema de usabilidade	Heurística(s) violada(s) Colocar cada heurística violada em uma coluna										Classificação da gravidade da violação
1	Disjuntores em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14										2
2	Disjuntores em condições especiais.	Habilitar os filtros, data e hora, estação e equipamentos, Despachante/Usuários.	2	13									2
3	Equipamentos em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14										2
4	Equipamentos em condições especiais.	Habilitar os filtros, data e hora, estação e equipamentos, Despachante/Usuários.	2	13									2
5	Grandezas em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14										2
6	Equipamentos em modo local.	Ao clicar no equipamento a linha condições especiais não exibe as informações que são digitadas nos tags do equipamento no unificar da estação.	2	4	5	6	13	14					3
7	ECE	Melhorar tela ECE com um resumo do estado de todos ECES, inclusive os que o COS não possui supervisão.	2	5	14								2
8	Monitoramento e controle de teleproteções	Incluir nesta tela campo para informações de motivo de bloqueio, chamados abertos e demais ações realizadas.	2	5	14								2
9	Níveis de reservatórios -> vazão.	Incluir campo indicativo de vazão defluente para início de comunicação e configurar alarme em situação de atingir a vazão nas UHE's e PCH's.	2	5	14								2
10	Alarmes	Permitir abrir mais de uma tela de alarme e função filtro por estação (possui opção no SSCD porém não funciona).	2	4	5	6	13	14					3
11	Alarmes	Habilitar os filtros, data e hora, estação, equipamentos, reles bloqueios operados e prioridade de alarmes e etc.	2	14									3
12	Alarmes	Alarmes de acionamento imediato e não tratados sempre ficar visível/prioridade alta na barra de rolagem	2	13									2
13	Alarmes	Definir e cria temporização dos alarmes - Pontos Medição e os estados equipamentos (quando for o caso - Ex. VCC circuito comando, carregador de baterias falha e etc)	2	13									2
14	Bloqueio em equipamentos	Incluir na tela opção de justificar/consultar o motivo do bloqueio em caso de intervenções/indisponibilidades.	14										2
15	Controle de geração	Informações sobre requisitos de patamares de elevação/redução de geração (ex.: Funil, Miranda, Rosal, Irapé).	14										2
16	Gerenciamento de contingência	Tornar obrigatória a digitação da previsão de normalização.	2	4	9								2
17	Gerenciamento de contingência	Aumentar o espaço para digitar causa/ação.	2	4	9								2
18	Gerenciamento de contingência	Desenvolver alternativa para separar as contingências relacionadas a intervenções das outras.	4	8									2
19	Gerenciamento de contingência	Incluir campo para despachante classificar contingência como "impeditiva de desassistência" de forma a controlar os acionamentos com as equipes locais.	4	8	9								2
20	Gerenciamento de contingência	Para contingências manuais, permitir a edição da data/hora e fato gerador.	11										2
21	Tela de Contingências de Atendimento Imediato	Habilitar os filtros, data e hora, estação, equipamentos, se o tratamento/ações está em andamento.	2	13									2
22	Linhas de rascunho das telas	Inserir tela específica para controle das linhas de rascunho.	4	8	14								2
23	Painel mimico geração	Possibilidade de cadastro de testes de comprovação pendentes e controle do teste através de temporizador	5	14									3
24	Painel mimico geração	Possibilidade de indicação no mimico unidades geradora com CPSA contratado	5	14									2
25	Painel mimico geração	Informações gerais sobre vazão mínima/tempo de restabelecimento/vazão para comunicação em guias/ ou layers	5	14									2
26	Painel mimico geração	Simbolizar que uma unidade geradora está em teste de comprovação de disponibilidade geração.	2	13									2
27	Tela Painel Mimico	Colocar na barra de menu de navegação igual tem na tela principal/mapa do SS.CD	2	14									2
28	Telas de comando de unidades geradoras	Replicar na tela de comando da UG selecionada um resumo da sequência cadastrada para partida/parada/conversão/reversão,	5	14									5

Tabela 7 – Avaliação de Usabilidade no SSCD (Avaliador 1) ((Fonte: P&D GT-462)

Avaliação da IHM do SSCD										
	Local de Ocorrência Indicar claramente em qual tela ou passo ocorreu o problema	Descrição do problema de usabilidade	Heurística(s) violada(s) Colocar cada heurística violada em uma coluna							Classificação da gravidade da violação
1	Disjuntores em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14							2
2	Disjuntores em condições especiais.	Habilitar os filtros, data e hora, estação e equipamentos, Despachante/Usuários.	2	13						2
3	Equipamentos em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14							2
4	Equipamentos em condições especiais.	Habilitar os filtros, data e hora, estação e equipamentos, Despachante/Usuários.	2	13						2
5	Grandezas em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14							2
6	Equipamentos em modo local.	Ao clicar no equipamento a linha condições especiais não exibe as informações que são digitadas nos tags do equipamento no unificar da estação.	2	4	5	6	13	14		3
7	ECE	Melhorar tela ECE com um resumo do estado de todos ECES, inclusive os que o COS não possui supervisão.	2	5	14					2
8	Monitoramento e controle de teleproteções	Incluir nesta tela campo para informações de motivo de bloqueio, chamados abertos e demais ações realizadas.	2	5	14					2
9	Níveis de reservatórios -> vazão.	Incluir campo indicativo de vazão defluente para início de comunicação e configurar alarme em situação de atingir a vazão nas UHE's e PCH's.	2	5	14					2
10	Alarmes	Permitir abrir mais de uma tela de alarme e função filtro por estação (possui opção no SSCD porém não funciona).	2	4	5	6	13	14		3
11	Alarmes	Habilitar os filtros, data e hora, estação, equipamentos, reles bloqueios operados e prioridade de alarmes e etc.	2	14						3
12	Alarmes	Alarmes de acionamento imediato e não tratados sempre ficar visível/prioridade alta na barra de rolagem	2	13						3
13	Alarmes	Definir e cria temporização dos alarmes - Pontos Medição e os estados equipamentos (quando for o caso - Ex. VCC circuito comando, carregador de baterias falha e etc)	2	13						3
14	Bloqueio em equipamentos	Incluir na tela opção de justificar/consultar o motivo do bloqueio em caso de intervenções/indisponibilidades.	14							2
15	Controle de geração	Informações sobre requisitos de patamares de elevação/redução de geração (ex.: Funil, Miranda, Rosal, Irapé).	14							2
16	Gerenciamento de contingência	Tornar obrigatória a digitação da previsão de normalização.	2	4	9					2
17	Gerenciamento de contingência	Aumentar o espaço para digitar causa/ação.	2	4	9					2
18	Gerenciamento de contingência	Desenvolver alternativa para separar as contingências relacionadas a intervenções das outras.	4	8						2
19	Gerenciamento de contingência	Incluir campo para despachante classificar contingência como "impeditiva de desassistência" de forma a controlar os acionamentos com as equipes locais.	4	8	9					2
20	Gerenciamento de contingência	Para contingências manuais, permitir a edição da data/hora e fato gerador.	11							2
21	Tela de Contingências de Atendimento Imediato	Habilitar os filtros, data e hora, estação, equipamentos, se o tratamento/ações está em andamento.	2	13						2
22	Linhas de rascunho das telas	Inserir tela específica para controle das linhas de rascunho.	4	8	14					2
23	Painel mimico geração	Possibilidade de cadastro de testes de comprovação pendentes e controle do teste através de temporizador	5	14						3
24	Painel mimico geração	Possibilidade de indicação no mimico unidades geradora com CPSA contratado	5	14						2
25	Painel mimico geração	Informações gerais sobre vazão mínima/tempo de restabelecimento/vazão para comunicação em guias/ou layers	5	14						2
26	Painel mimico geração	Simbolizar que uma unidade geradora está em teste de comprovação de disponibilidade geração.	2	13						2
27	Tela Painel Mimico	Colocar na barra de menu de navegação igual tem na tela principal/mapa do SS.CD	2	14						2
28	Telas de comando de unidades geradoras	Replicar na tela de comando da UG selecionada um resumo da sequência cadastrada para partida/parada/conversão/reversão.	5	14						3

Tabela 8 – Avaliação de Usabilidade no SSCD (Avaliador 2) (Fonte: P&D GT-462)

Avaliação da IHM do SSCD											
	Local de Ocorrência Indicar claramente em qual tela ou passo ocorreu o problema	Descrição do problema de usabilidade	Heurística(s) violada(s) Colocar cada heurística violada em uma coluna								Classificação da gravidade da violação
1	Disjuntores em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14								2
2	Disjuntores em condições especiais.	Habilitar os filtros, data e hora, estação e equipamentos, Despachante/Usuários.	2	13							2
3	Equipamentos em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14								2
4	Equipamentos em condições especiais.	Habilitar os filtros, data e hora, estação e equipamentos, Despachante/Usuários.	2	13							2
5	Grandezas em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14								2
6	Equipamentos em modo local.	Ao clicar no equipamento a linha condições especiais não exibe as informações que são digitadas nos tags do equipamento no unificar da estação.	2	4	5	6	13	14			3
7	ECE	Melhorar tela ECE com um resumo do estado de todos ECES, inclusive os que o COS não possui supervisão.	2	5	14						2
8	Monitoramento e controle de teleproteções	Incluir nesta tela campo para informações de motivo de bloqueio, chamados abertos e demais ações realizadas.	2	5	14						2
9	Níveis de reservatórios -> vazão.	Incluir campo indicativo de vazão defluente para início de comunicação e configurar alarme em situação de atingir a vazão nas UHE's e PCH's.	2	5	14						2
10	Alarmes	Permitir abrir mais de uma tela de alarme e função filtro por estação (possui opção no SSCD porém não funciona).	2	4	5	6	13	14			3
11	Alarmes	Habilitar os filtros, data e hora, estação, equipamentos, rele bloqueios operados e prioridade de alarmes e etc.	2	14							3
12	Alarmes	Alarmes de acionamento imediato e não tratados sempre ficar visível/prioridade alta na barra de rolagem	2	13							4
13	Alarmes	Definir e cria temporização dos alarmes - Pontos Medição e os estados equipamentos (quando for o caso - Ex. VCC circuito comando, carregador de baterias falha e etc)	2	13							3
14	Bloqueio em equipamentos	Incluir na tela opção de justificar/consultar o motivo do bloqueio em caso de intervenções/indisponibilidades.	14								4
15	Controle de geração	Informações sobre requisitos de patamares de elevação/redução de geração (ex.: Funil, Miranda, Rosal, Irapé).	14								2
16	Gerenciamento de contingência	Tornar obrigatória a digitação da previsão de normalização.	2	4	9						1
17	Gerenciamento de contingência	Aumentar o espaço para digitar causa/ação.	2	4	9						2
18	Gerenciamento de contingência	Desenvolver alternativa para separar as contingências relacionadas a intervenções das outras.	4	8							1
19	Gerenciamento de contingência	Incluir campo para despachante classificar contingência como "impeditiva de desassistência" de forma a controlar os acionamentos com as equipes locais.	4	8	9						1
20	Gerenciamento de contingência	Para contingências manuais, permitir a edição da data/hora e fato gerador.	11								1
21	Tela de Contingências de Atendimento Imediato	Habilitar os filtros, data e hora, estação, equipamentos, se o tratamento/ações está em andamento.	2	13							1
22	Linhas de rascunho das telas	Inserir tela específica para controle das linhas de rascunho.	4	8	14						0
23	Painel mimico geração	Possibilidade de cadastro de testes de comprovação pendentes e controle do teste através de temporizador	5	14							1
24	Painel mimico geração	Possibilidade de indicação no mimico unidades geradora com CPSA contratado	5	14							3
25	Painel mimico geração	Informações gerais sobre vazão mínima/tempo de restabelecimento/vazão para comunicação em guias/ ou layers	5	14							2
26	Painel mimico geração	Simbolizar que uma unidade geradora está em teste de comprovação de disponibilidade geração.	2	13							3
27	Tela Painel Mimico	Colocar na barra de menu de navegação igual tem na tela principal/mapa do SS.CD	2	14							1
28	Telas de comando de unidades geradoras	Replicar na tela de comando da UG selecionada um resumo da sequência cadastrada para partida/parada/conversão/reversão,	5	14							2

Tabela 9 – Avaliação de Usabilidade no SSCD (Avaliador 3) (Fonte: P&D GT-462)

Avaliação da IHM do SSCD													
Local de Ocorrência Indicar claramente em qual tela ou passo ocorreu o problema	Descrição do problema de usabilidade	Heurística(s) violada(s) Colocar cada heurística violada em uma coluna										Classificação da gravidade da violação	
		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5		4
1	Disjuntores em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14										2
2	Disjuntores em condições especiais.	Habilitar os filtros, data e hora, estação e equipamentos, Despachante/Usuários.	2	13									2
3	Equipamentos em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14										2
4	Equipamentos em condições especiais.	Habilitar os filtros, data e hora, estação e equipamentos, Despachante/Usuários.	2	13									2
5	Grandezas em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14										2
6	Equipamentos em modo local.	Ao clicar no equipamento a linha condições especiais não exibe as informações que são digitadas nos tags do equipamento no unifiar da estação.	2	4	5	6	13	14					2
7	ECE	Melhorar tela ECE com um resumo do estado de todos ECES, inclusive os que o COS não possui supervisão.	2	5	14								3
8	Monitoramento e controle de teleproteções	Incluir nesta tela campo para informações de motivo de bloqueio, chamados abertos e demais ações realizadas.	2	5	14								3
9	Níveis de reservatórios -> vazão.	Incluir campo indicativo de vazão defluente para início de comunicação e configurar alarme em situação de atingir a vazão nas UHE's e PCH's.	2	5	14								3
10	Alarmes	Permitir abrir mais de uma tela de alarme e função filtro por estação (possui opção no SSCD porém não funciona).	2	4	5	6	13	14					3
11	Alarmes	Habilitar os filtros, data e hora, estação, equipamentos, reles bloqueios operados e prioridade de alarmes e etc.	2	14									3
12	Alarmes	Alarmes de acionamento imediato e não tratados sempre ficar visível/prioridade alta na barra de rolagem	2	13									3
13	Alarmes	Definir e criar temporização dos alarmes - Pontos Medição e os estados equipamentos (quando for o caso - Ex. VCC circuito comando, carregador de baterias falha e etc)	2	13									3
14	Bloqueio em equipamentos	Incluir na tela opção de justificar/consultar o motivo do bloqueio em caso de intervenções/indisponibilidades.	14										3
15	Controle de geração	Informações sobre requisitos de patamares de elevação/redução de geração (ex.: Funil, Miranda, Rosal, trapé).	14										2
16	Gerenciamento de contingência	Tornar obrigatória a digitação da previsão de normalização.	2	4	9								2
17	Gerenciamento de contingência	Aumentar o espaço para digitar causa/ação.	2	4	9								2
18	Gerenciamento de contingência	Desenvolver alternativa para separar as contingências relacionadas a intervenções das outras.	4	8									2
19	Gerenciamento de contingência	Incluir campo para despachante classificar contingência como "impeditiva de desassistência" de forma a controlar os acionamentos com as equipes locais.	4	8	9								2
20	Gerenciamento de contingência	Para contingências manuais, permitir a edição da data/hora e fato gerador.	11										2
21	Tela de Contingências de Atendimento Imediato	Habilitar os filtros, data e hora, estação, equipamentos, se o tratamento/ações está em andamento.	2	13									2
22	Linhas de rascunho das telas	Inserir tela específica para controle das linhas de rascunho.	4	8	14								3
23	Painel mimico geração	Possibilidade de cadastro de testes de comprovação pendentes e controle do teste através de temporizador	5	14									3
24	Painel mimico geração	Possibilidade de indicação no mimico unidades geradora com CPSA contratado	5	14									3
25	Painel mimico geração	Informações gerais sobre vazão mínima/tempo de restabelecimento/vazão para comunicação em guias/ ou layers	5	14									3
26	Painel mimico geração	Simbolizar que uma unidade geradora está em teste de comprovação de disponibilidade geração.	2	13									3
27	Tela Painel Mímico	Colocar na barra de menu de navegação igual tem na tela principal/mapa do SS.CD	2	14									2
28	Telas de comando de unidades geradoras	Replicar na tela de comando da UG selecionada um resumo da sequência cadastrada para partida/parada/conversão/reversão.	5	14									2

Tabela 10 – Avaliação de Usabilidade no SSCD (Avaliador 4) (Fonte: P&D GT-462)

Avaliação da IHM do SSCD											
Local de Ocorrência Indicar claramente em qual tela ou passo ocorreu o problema	Descrição do problema de usabilidade	Heurística(s) violada(s) Colocar cada heurística violada em uma coluna								Classificação da gravidade da violação	
		14	13	12	11	10	9	8	7		
1	Disjuntores em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14								2
2	Disjuntores em condições especiais.	Habilitar os filtros, data e hora, estação e equipamentos, Despachante/Usuários.	2	13							2
3	Equipamentos em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14								2
4	Equipamentos em condições especiais.	Habilitar os filtros, data e hora, estação e equipamentos, Despachante/Usuários.	2	13							2
5	Grandezas em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14								2
6	Equipamentos em modo local.	Ao clicar no equipamento a linha condições especiais não exibe as informações que são digitadas nos tags do equipamento no unificar da estação.	2	4	5	6	13	14			3
7	ECE	Melhorar tela ECE com um resumo do estado de todos ECES, inclusive os que o COS não possui supervisão.	2	5	14						2
8	Monitoramento e controle de teleproteções	Incluir nesta tela campo para informações de motivo de bloqueio, chamados abertos e demais ações realizadas.	2	5	14						2
9	Níveis de reservatórios -> vazão.	Incluir campo indicativo de vazão defluente para início de comunicação e configurar alarme em situação de atingir a vazão nas UHE's e PCH's.	2	5	14						2
10	Alarmes	Permitir abrir mais de uma tela de alarme e função filtro por estação (possui opção no SSCD porém não funciona).	2	4	5	6	13	14			3
11	Alarmes	Habilitar os filtros, data e hora, estação, equipamentos, reles bloqueios operados e prioridade de alarmes e etc.	2	14							3
12	Alarmes	Alarmes de acionamento imediato e não tratados sempre ficar visível/prioridade alta na barra de rolagem	2	13							3
13	Alarmes	Definir e criar temporização dos alarmes - Pontos Medição e os estados equipamentos (quando for o caso - Ex. VCC circuito comando, carregador de baterias falha e etc)	2	13							3
14	Bloqueio em equipamentos	Incluir na tela opção de justificar/consultar o motivo do bloqueio em caso de intervenções/indisponibilidades.	14								2
15	Controle de geração	Informações sobre requisitos de patamares de elevação/redução de geração (ex.: Funil, Miranda, Rosal, Irapé).	14								2
16	Gerenciamento de contingência	Tornar obrigatória a digitação da previsão de normalização.	2	4	9						2
17	Gerenciamento de contingência	Aumentar o espaço para digitar causa/ação.	2	4	9						2
18	Gerenciamento de contingência	Desenvolver alternativa para separar as contingências relacionadas a intervenções das outras.	4	8							2
19	Gerenciamento de contingência	Incluir campo para despachante classificar contingência como "impeditiva de desassistência" de forma a controlar os acionamentos com as equipes locais.	4	8	9						2
20	Gerenciamento de contingência	Para contingências manuais, permitir a edição da data/hora e fato gerador.	11								2
21	Tela de Contingências de Atendimento Imediato	Habilitar os filtros, data e hora, estação, equipamentos, se o tratamento/ações está em andamento.	2	13							2
22	Linhas de rascunho das telas	Inserir tela específica para controle das linhas de rascunho.	4	8	14						2
23	Painel mimico geração	Possibilidade de cadastro de testes de comprovação pendentes e controle do teste através de temporizador	5	14							3
24	Painel mimico geração	Possibilidade de indicação no mimico unidades geradora com CPSA contratado	5	14							2
25	Painel mimico geração	Informações gerais sobre vazão mínima/tempo de restabelecimento/vazão para comunicação em guias/ ou layers	5	14							2
26	Painel mimico geração	Simbolizar que uma unidade geradora está em teste de comprovação de disponibilidade geração.	2	13							3
27	Tela Painel Mimico	Colocar na barra de menu de navegação igual tem na tela principal/mapa do SS.CD	2	14							2
28	Telas de comando de unidades geradoras	Replicar na tela de comando da UG selecionada um resumo da sequência cadastrada para partida/parada/conversão/reversão.	5	14							3

Tabela 11 – Avaliação de Usabilidade no SSCD (Avaliador 5) (Fonte: P&D GT-462)

Avaliação da IHM do SSCD										
	Local de Ocorrência Indicar claramente em qual tela ou passo ocorreu o problema	Descrição do problema de usabilidade	Heurística(s) violada(s) Colocar cada heurística violada em uma coluna							Classificação da gravidade da violação
			14	13	12	11	10	9	8	
1	Disjuntores em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14							2
2	Disjuntores em condições especiais.	Habilitar os filtros, data e hora, estação e equipamentos, Despachante/Usuários.	2	13						2
3	Equipamentos em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14							2
4	Equipamentos em condições especiais.	Habilitar os filtros, data e hora, estação e equipamentos, Despachante/Usuários.	2	13						2
5	Grandezas em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14							2
6	Equipamentos em modo local.	Ao clicar no equipamento a linha condições especiais não exibe as informações que são digitadas nos tags do equipamento no unificar da estação.	2	4	5	6	13	14		3
7	ECE	Melhorar tela ECE com um resumo do estado de todos ECES, inclusive os que o COS não possui supervisão.	2	5	14					3
8	Monitoramento e controle de teleproteções	Incluir nesta tela campo para informações de motivo de bloqueio, chamados abertos e demais ações realizadas.	2	5	14					3
9	Níveis de reservatórios -> vazão.	Incluir campo indicativo de vazão defluente para início de comunicação e configurar alarme em situação de atingir a vazão nas UHE's e PCH's.	2	5	14					2
10	Alarmes	Permitir abrir mais de uma tela de alarme e função filtro por estação (possui opção no SSCD porém não funciona).	2	4	5	6	13	14		3
11	Alarmes	Habilitar os filtros, data e hora, estação, equipamentos, reles bloqueios operados e prioridade de alarmes e etc.	2	14						3
12	Alarmes	Alarmes de acionamento imediato e não tratados sempre ficar visível/prioridade alta na barra de rolagem	2	13						2
13	Alarmes	Definir e cria temporização dos alarmes - Pontos Medição e os estados equipamentos (quando for o caso - Ex. VCC circuito comando, carregador de baterias falha e etc)	2	13						1
14	Bloqueio em equipamentos	Incluir na tela opção de justificar/consultar o motivo do bloqueio em caso de intervenções/indisponibilidades.	14							1
15	Controle de geração	Informações sobre requisitos de patamares de elevação/redução de geração (ex.: Funil, Miranda, Rosal, Irapé).	14							3
16	Gerenciamento de contingência	Tornar obrigatória a digitação da previsão de normalização.	2	4	9					1
17	Gerenciamento de contingência	Aumentar o espaço para digitar causa/ação.	2	4	9					1
18	Gerenciamento de contingência	Desenvolver alternativa para separar as contingências relacionadas a intervenções das outras.	4	8						3
19	Gerenciamento de contingência	Incluir campo para despachante classificar contingência como "impeditiva de desassistência" de forma a controlar os acionamentos com as equipes locais.	4	8	9					0
20	Gerenciamento de contingência	Para contingências manuais, permitir a edição da data/hora e fato gerador.	11							3
21	Tela de Contingências de Atendimento Imediato	Habilitar os filtros, data e hora, estação, equipamentos, se o tratamento/ações está em andamento.	2	13						3
22	Linhas de rascunho das telas	Inserir tela especifica para controle das linhas de rascunho.	4	8	14					1
23	Painel mimico geração	Possibilidade de cadastro de testes de comprovação pendentes e controle do teste através de temporizador	5	14						3
24	Painel mimico geração	Possibilidade de indicação no mimico unidades geradora com CPSA contratado	5	14						3
25	Painel mimico geração	Informações gerais sobre vazão mínima/tempo de restabelecimento/vazão para comunicação em guias/ ou layers	5	14						3
26	Painel mimico geração	Simbolizar que uma unidade geradora está em teste de comprovção de disponibilidade geração.	2	13						3
27	Tela Painel Mimico	Colocar na barra de menu de navegação igual tem na tela principal/mapa do SS.CD	2	14						3
28	Telas de comando de unidades geradoras	Replicar na tela de comando da UG selecionada um resumo da sequência cadastrada para partida/parada/conversão/reversão.	5	14						3

Tabela 12 – Avaliação de Usabilidade no SSCD (Avaliador 6) (Fonte: P&D GT-462)

A gravidade resultante para cada violação é a média entre as avaliações individuais de cada avaliador, mostrada na Tabela a seguir (Tabela 13). Observa-se que as classificações de gravidade média por local para os 28 locais de ocorrência ficaram entre 1,5 e 3,0.

De acordo com os avaliadores, os locais com mais problemas de usabilidade são:

- Local 6: “Equipamento em modo local”;
- Locais 10, 11 e 12: “Alarmes”;
- Locais 23 e 26: “Painel mimico geração”;
- Local 28: “Telas de comando de unidades geradoras”.

Nesses locais as médias de gravidade variam de 2,7 e 3,0.

Os locais com menos problemas de usabilidade são:

- Local 19: “Gerenciamento de Contingência” com média de gravidade 1,5;
- Local 16 e 22: “Linha de rascunho das telas” com média de gravidade 1,7.

Avaliação da IHM do SSCD											
	Local de Ocorrência Indicar claramente em qual tela ou passo ocorreu o problema	Descrição do problema de usabilidade	Heurística(s) violada(s) Colocar cada heurística violada em uma coluna								Média da Classificação da gravidade da violação
1	Disjuntores em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14								2,0
2	Disjuntores em condições especiais.	Habilitar os filtros, data e hora, estação e equipamentos, Despachante/Usuários.	2	13							2,0
3	Equipamentos em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14								2,0
4	Equipamentos em condições especiais.	Habilitar os filtros, data e hora, estação e equipamentos, Despachante/Usuários.	2	13							2,0
5	Grandezas em condições especiais.	A tela não possui funcionalidade de filtros por estação/vencimento/intervenção.	14								2,0
6	Equipamentos em modo local.	Ao clicar no equipamento a linha condições especiais não exibe as informações que são digitadas nos tags do equipamento no unificar da estação.	2	4	5	6	13	14			2,8
7	ECE	Melhorar tela ECE com um resumo do estado de todos ECES, inclusive os que o COS não possui supervisão.	2	5	14						2,3
8	Monitoramento e controle de teleproteções	Incluir nesta tela campo para informações de motivo de bloqueio, chamados abertos e demais ações realizadas.	2	5	14						2,3
9	Níveis de reservatórios -> vazão.	Incluir campo indicativo de vazão defluente para início de comunicação e configurar alarme em situação de atingir a vazão nas UHE's e PCH's.	2	5	14						2,2
10	Alarmes	Permitir abrir mais de uma tela de alarme e função filtro por estação (possui opção no SSCD porém não funciona).	2	4	5	6	13	14			3,0
11	Alarmes	Habilitar os filtros, data e hora, estação, equipamentos, reles bloqueios operados e prioridade de alarmes e etc.	2	14							3,0
12	Alarmes	Alarmes de acionamento imediato e não tratados sempre ficar visível/prioridade alta na barra de rolagem	2	13							2,8
13	Alarmes	Definir e cria temporização dos alarmes - Pontos Medição e os estados equipamentos (quando for o caso - Ex. VCC circuito comando, carregador de baterias falha e etc)	2	13							2,5
14	Bloqueio em equipamentos	Incluir na tela opção de justificar/consultar o motivo do bloqueio em caso de intervenções/indisponibilidades.	14								2,3
15	Controle de geração	Informações sobre requisitos de patamares de elevação/redução de geração (ex.: Funil, Miranda, Rosal, Irapé).	14								2,2
16	Gerenciamento de contingência	Tornar obrigatória a digitação da previsão de normalização.	2	4	9						1,7
17	Gerenciamento de contingência	Aumentar o espaço para digitar causa/ação.	2	4	9						1,8
18	Gerenciamento de contingência	Desenvolver alternativa para separar as contingências relacionadas a intervenções das outras.	4	8							2,0
19	Gerenciamento de contingência	Incluir campo para despachante classificar contingência como "impeditiva de desassistência" de forma a controlar os acionamentos com as equipes locais.	4	8	9						1,5
20	Gerenciamento de contingência	Para contingências manuais, permitir a edição da data/hora e fato gerador.	11								2,0
21	Tela de Contingências de Atendimento Imediato	Habilitar os filtros, data e hora, estação, equipamentos, se o tratamento/ações está em andamento.	2	13							2,0
22	Linhas de rascunho das telas	Inserir tela específica para controle das linhas de rascunho.	4	8	14						1,7
23	Painel mimico geração	Possibilidade de cadastro de testes de comprovação pendentes e controle do teste através de temporizador	5	14							2,7
24	Painel mimico geração	Possibilidade de indicação no mimico unidades geradora com CPSA contratado	5	14							2,5
25	Painel mimico geração	Informações gerais sobre vazão mínima/tempo de restabelecimento/vazão para comunicação em guias/ ou layers	5	14							2,3
26	Painel mimico geração	Simbolizar que uma unidade geradora está em teste de comprovação de disponibilidade geração.	2	13							2,7
27	Tela Painel Mimico	Colocar na barra de menu de navegação igual tem na tela principal/mapa do SS.CD	2	14							2,0
28	Telas de comando de unidades geradoras	Replicar na tela de comando da UG selecionada um resumo da sequência cadastrada para partida/parada/conversão/reversão.	4	14							2,8

Tabela 13 – Gravidade Média por Local de Ocorrência (Fonte: P&D GT-462)

Como pode ser observado, a avaliação heurística é uma técnica barata, fácil de ser usada, de fácil domínio, eficiente, eficaz e útil. Por meio desta avaliação foi possível identificar os principais problemas de usabilidade na interface do SSCD.

A gravidade resultante para cada violação é a média entre as avaliações individuais de cada avaliador. Assim, como pode ser visto nas tabelas e gráficos apresentados existem problemas nas interfaces do SSCD aos quais deve ser dada especial atenção, sendo importante suas correções e aos quais deve ser dada alta prioridade. Para dar continuidade a esta avaliação, os resultados foram encaminhados à equipe de desenvolvimento do SSCD sendo que aproximadamente 60% dos problemas levantados já foram resolvidos, 40% estão em fase de desenvolvimento para solução e 10% não são passíveis de mudanças pois a tecnologia presente no sistema utilizado atualmente não permite alguns tipos de alterações solicitadas pela equipe.

9 O Uso das Novas Tecnologias e a Evolução das Interfaces de Operação

9.1 O P&D GT-411 – Desenvolvimento de ambientes virtuais representativos das subestações e usinas da Cemig associados a tecnologias de projeção 3D

O P&D GT-0411 foi um projeto iniciado em 2010 com parceria entre a Universidade Federal de Uberlândia, a Cemig e as empresas CGWorks e Coffey, no qual trabalhou uma equipe multidisciplinar composta principalmente por engenheiros eletricitas, engenheiros de software e designers.

Como parte integrante da equipe, o autor desta dissertação pode acompanhar o desenvolvimento da nova ferramenta proposta e opinar, como usuário, nas diversas etapas do projeto. Durante o processo, houve a possibilidade de integração efetiva entre as partes, contando com uma pessoa que conhecia as necessidades dos usuários e que também, em função do desenvolvimento desta dissertação, possuía alguns conhecimentos das técnicas e premissas do Design de Interfaces e da Usabilidade.

Este projeto buscava uma oportunidade de atendimento às necessidades do setor elétrico com a possibilidade de desenvolvimento de uma solução inédita para controle e operação de componentes de subestações e usinas com uso de Realidade Virtual.

A expressão RV – Realidade Virtual possui diversas definições, devido à natureza interdisciplinar da área e da sua evolução. Pode-se definir Realidade Virtual como uma forma das pessoas visualizarem, manipularem e interagirem com computadores e dados extremamente complexos, na qual ideias como imersão, interação e envolvimento com o ambiente virtual são consideradas básicas e fundamentais.

Uma das principais vantagens desta tecnologia é o envolvimento amplo de sentidos do ser humano na interação homem-máquina, com impactos de melhoria da visualização de componentes e de assimilação de conteúdo (aprendizado e treinamento).

As aplicações de treinamento de procedimentos em Realidade Virtual podem ser utilizadas para diversos propósitos, entre eles, o ensino de procedimentos de montagem, desmontagem, operação e manutenção de máquinas complexas, ou a execução de atividades que oferecem risco ao usuário ou ao equipamento. Nestes casos, a utilização dos recursos de RV permite que o usuário seja capacitado independente da sua localização ou da disponibilidade de equipamento para treinamento.

Além disto, o ambiente virtual também permite que o usuário explore as possibilidades existentes sem comprometer a sua segurança ou o funcionamento dos periféricos virtuais.

As vantagens associadas com o treinamento em Realidade Virtual têm aumentado a procura por este tipo de aplicação nos mais diferentes segmentos. A proposta do P&D foi, portanto, envidar esforços de pesquisa no sentido de desenvolver soluções computacionais, com uso de técnicas de Realidade Virtual, para o controle e operação de sistemas elétricos de potência, em especial, subestações, usinas e seus componentes. (Cemig/UFU, 2017)

9.2 A aplicação do P&D GT-411 no COS da Cemig

Desde o início da evolução das interfaces com o uso de recursos gráficos, as IHM dos centros de operação utilizam para a operação do sistema elétrico interfaces em 2D (duas dimensões). A partir de 2010, quando foram iniciados os trabalhos do P&D GT-411, o COS e a UFU vêm buscando estudar as aplicações das interfaces em 3D (terceira dimensão) e até mesmo o uso da imersão dentro da sala de controle.

Tais formas de interface, representam uma nova forma de interagir com os computadores, a partir da visão de computação onipresente, tornando a tecnologia invisível. Neste contexto, os elementos de interface se assemelham e encaixam no ambiente físico do usuário. (Cemig/UFU, 2017)

É neste cenário que são inseridas as interfaces associadas com a Realidade Virtual e a Realidade Aumentada. Há muito tem-se pesquisado a eficácia do uso de sistemas de Realidade Virtual para melhorar a performance em situações de treinamento e de apoio à tomada de decisão.

Como a interface baseada em Realidade Virtual se apoia em processos interativos, com imersão física ou mental, a partir da exposição a ambientes tridimensionais, observa-se que o grande benefício oferecido por esta interface é que o conhecimento intuitivo do usuário a respeito do mundo físico pode ser utilizado para manipular o ambiente virtual, possibilitando ao usuário a manipulação de informações através de experiências próximas do real. Isso porque, no ambiente virtual, é possível criar a ilusão de um mundo que na realidade não existe, através da representação tridimensional para o usuário. (Prado, 2016)

Contudo, as utilizações atuais apontam para o uso dos sistemas de realidade virtual nas empresas de energia elétrica, apenas pelas equipes de campo e para o treinamento destas. A partir de 2010, com o início do desenvolvimento do SRVCemig - Sistema de Realidade Virtual Cemig os parceiros deste projeto buscaram desenvolver ferramentas para possibilitar a operação em tempo real de subestações e usinas. (Prado, 2016)

Como o escopo deste P&D é muito amplo, apenas será apresentada a interface 3D e a sua integração com a IHM do SSCD.

Um dos produtos entregues pela equipe neste projeto foi a criação de telas em 3D das subestações e usinas operadas pelo COS conforme exemplos a seguir (Figuras 74, 75, 76 e 77).

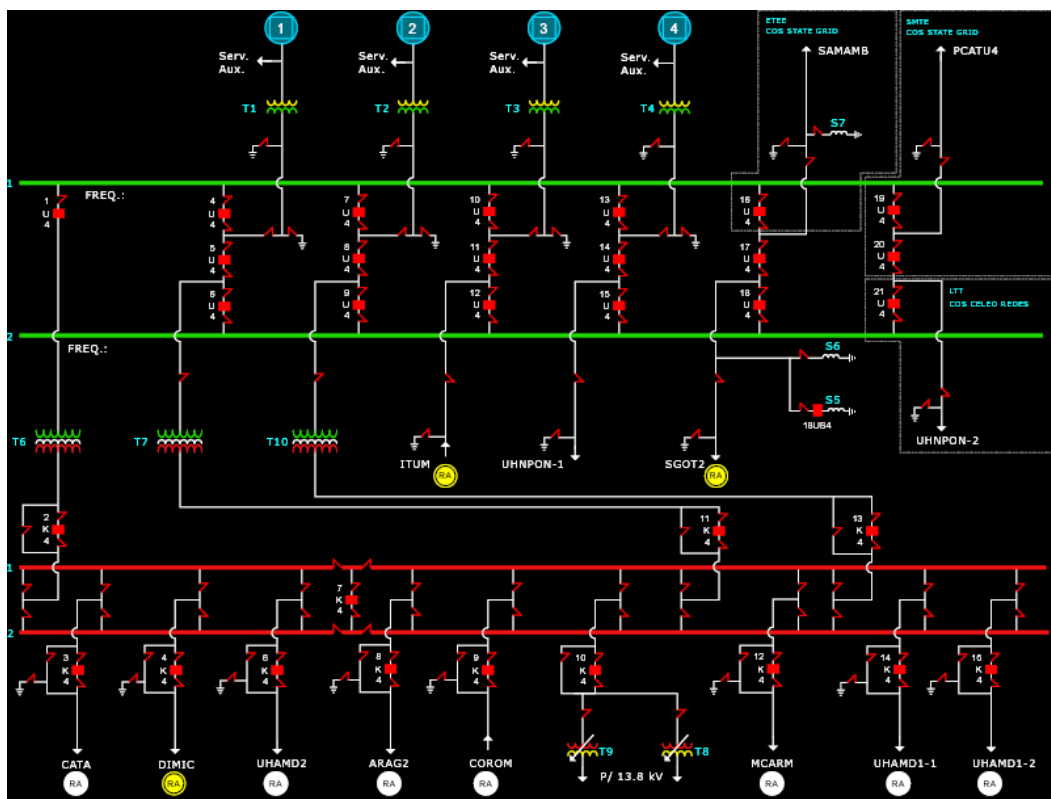


Figura 74 – Diagrama 2D da SE/Usina Emborcação (Fonte: SSCD 2017)

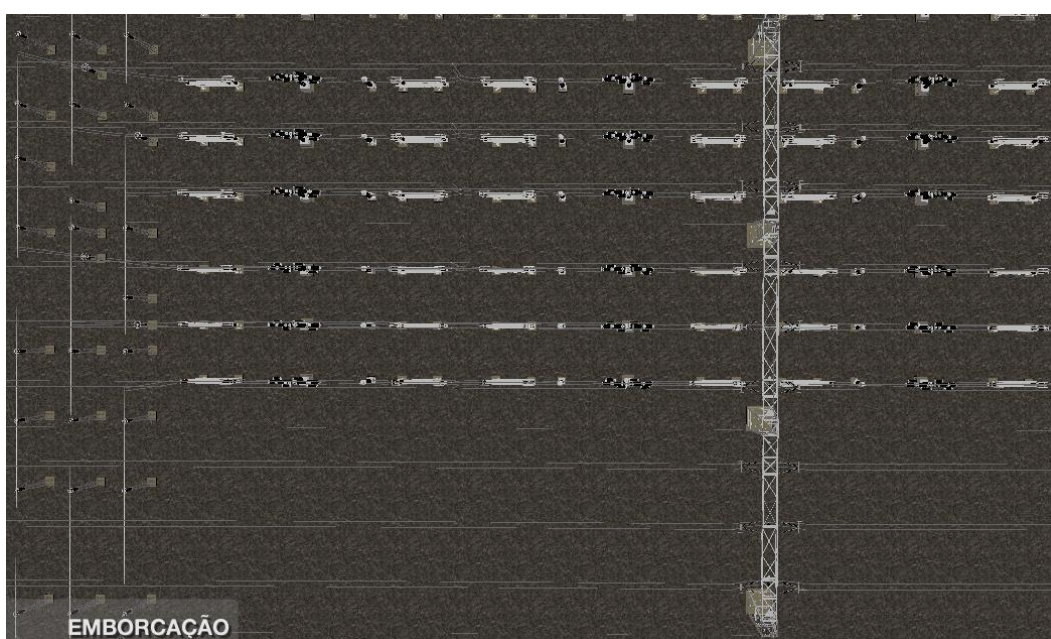


Figura 75 – Diagrama 3D da SE/Usina Emborcação – vista de cima (Fonte: SSCD 2017)

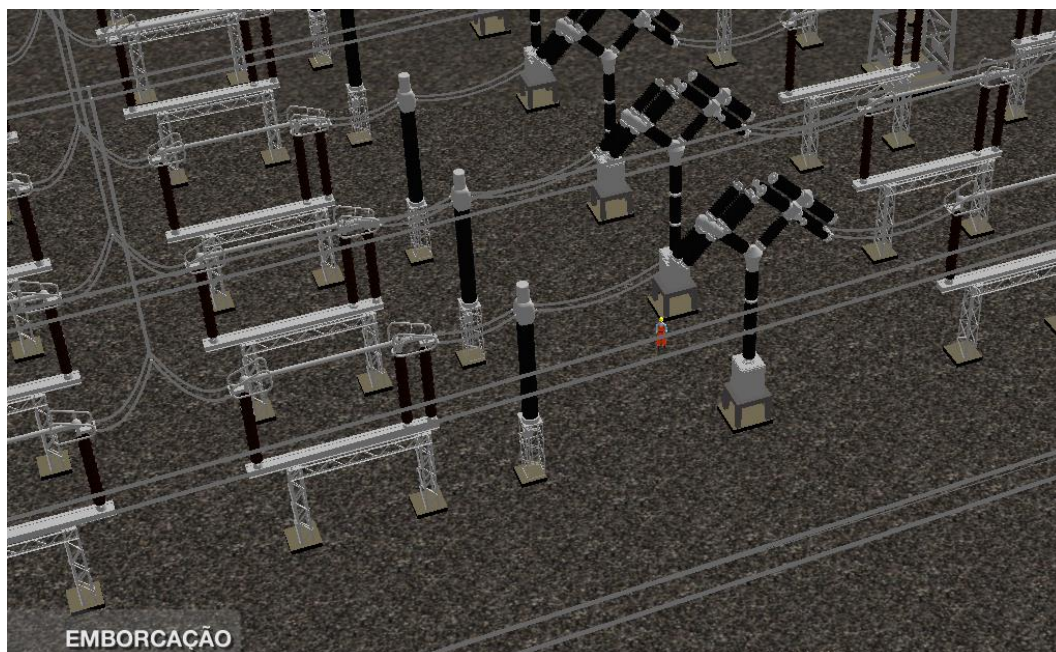


Figura 76 – Diagrama 3D da SE/Usina Emborcação – vista 3ª pessoa (Fonte: SSCD 2017)



Figura 77 – Diagrama 3D da SE/Usina Emborcação – vista 1ª pessoa (Fonte: SSCD 2017)

Observa-se que a interface 3D é realmente atrativa e pode dar ao operador uma noção ao usuário bastante realista do tamanho, tipo e posicionamento dos equipamentos de potência. Atualmente, além dos usos pela equipe de programação de intervenções, manutenção e projetos, a equipe de operação em tempo real do COS vem utilizando este novo conceito de interface para treinamento, “visitas” técnicas e análise de ocorrências.

Observa-se, no entanto, que apesar da integração possível e já testada com o SSCD, que possibilitam o monitoramento do estado e a operação remota dos equipamentos pela nova interface, a agilidade necessária na verificação da configuração da instalação e na identificação dos equipamentos desligados, dificultam o uso das telas para a operação em tempo real.

Contudo, verifica-se que este tipo de interface traz enormes ganhos para a operação como já foi dito nos parágrafos anteriores. Nas imagens a seguir pode-se observar a utilização das telas 3D no *videowall* da sala de controle e o uso dos óculos *Rift* para imersão da equipe. (Figuras 78 e 79)



Figura 78 – Utilização do diagrama 3D no *videowall* (Fonte: Foto COS - 2016)



Figura 79 – Utilização dos óculos *Rift* para imersão (Fonte: Foto COS - 2016)

10 Conclusão

Como pôde ser visto ao longo desta dissertação, a visão do usuário final no desenvolvimento de interfaces pode ser decisiva na construção de ferramentas ágeis, eficazes e que proporcionam maior segurança à operação do sistema elétrico.

O emprego de técnicas de desenvolvimento de interfaces com a interação do usuário final é relativamente barato e rápido, levando a ganhos consideráveis ao final do projeto e no decorrer da vida útil da interface de interação.

Com esta dissertação, o autor pode pesquisar várias práticas de Design de Interação e mais do que isso, aplicá-las no seu dia a dia como engenheiro do Centro de Operações da Cemig.

As técnicas de Design e de usabilidade aprendidas não foram apenas para a construção desta dissertação. O autor deverá continuar a aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo de sua carreira no COS, uma vez que as interfaces de operação estão em constante evolução e as necessidades de agregar segurança, agilidade e robustez ao processo nunca termina.

Os exemplos de melhorias apresentados no corpo desta dissertação mostram que com pouca mão de obra, métodos simples e um mínimo conhecimento da área, as interfaces usadas pelos usuários podem agregar segurança e agilidade à operação dos sistemas elétricos de potência.

Como projeto futuro, o estudo das interfaces pode ser aprofundado de tal forma que a avaliação não seja feita apenas sobre as questões visíveis e já identificadas, mas também sobre a falhas ocultas, investigando as necessidades que ainda não foram percebidas pela equipe.

Referências Bibliográficas

- ABNT. (2011). Ergonomia da interação humano-sistema. *NBR ISO 9241-143*. São Paulo: ABNT.
- ABNT. (2011). Requisitos ergonômicos para o trabalho com dispositivos de interação visual. *NBR ISO 9241-11*. São Paulo: ABNT.
- Bonfim, G. A. (1995). *Idéias e formas na história do design: uma investigação estética*. Campina Grande: UFPB.
- Braga, A. S. (2004). Dissertação de Mestrado em Comunicação e Semiótica. *Design de Interface - As origens do design e sua influência*. São paulo: PUC - SP.
- Cantoni, R. C. (2001). Tese de Doutorado em Comunicação e Semiótica. *Realidade Virtual, uma história de imersão interativa*. São Paulo: PUC - SP.
- Castro, H. S. (19 de Dezembro de 2007). Dissertação de Mestrado. *Especificação Funcional de Simulador para Treinamento de Operadores de Centros de Controle de Geração e Transmissão*. Belo Horizonte: UFMG.
- Cemig/UFU. (2017). *Relatório final P&D GT 411 – PA: Desenvolvimento de ambientes virtuais, para centro de operação de sistemas representativos das subestações e usinas da CEMIG, associados a tecnologias de projeção 3D*. Belo Horizonte.
- Chi, E. H., Hong, L., Heiser, J., Card, S. K., & Gumbrecht, M. (2007). ScentIndex and ScentHighlights: productive reading techniques for conceptually reorganizing subject indexes and highlighting passages. *Journal Information Visualization*, 6.
- De Sousa, C. S., Leite, J. C., Prates, R. O., & Barbosa, S. D. (1999). Projeto de Interfaces de Usuário: Perspectivas Cognitiva e Semiótica. Rio de Janeiro: Anais da Jornada de Atualização em Informática, XIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação.
- Eriksen, C. W., & St. Jame, J. D. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception & Psychophysics*.
- Glanzer, M., & Cunitz, A. R. (1966). Two storage mechanisms in free recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*.
- Johnson, S. (2001). *Cultura da Interface*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.
- Kaufmann, M. (1998). *Intelligent User Interfaces: An introduction*. SanFrancisco: Ruio.

- Lansdale, M., & Edmonds, E. (1992). *Using memory for events in the design of personal filing systems*. International Journal of Human-computer studies.
- Lewis, D., McAllister, D. E., & Adams, J. A. (1951). Facilitation and interference in performance on the modified Mashburn apparatus: I. The effects of varying the amount of original learning. *Journal of Experimental Psychology*, 41(4).
- Löbach, B. (2001). *Design Industrial - bases para a configuração dos produtos industriais*. São Paulo: Edgard Blücher.
- Manzini, E. (1993). *A matéria da invenção*. Milão: Arcadia.
- Nielsen, J. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. Seattle: Proceedings of the ACM CHI'90 Conference.
- Nielsen, J. (20 de Agosto de 2007). *Banner Blindness: Old and New Findings*. Acesso em 29 de Outubro de 2016, disponível em nngroup.com: <https://www.nngroup.com/articles/banner-blindness-old-and-new-findings/>
- Norman, D. A. (2013). *The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition*. Nova York: Basic Books.
- Norman, D., & Draper, S. W. (1986). *User Centered System Design: New Perspectives on Human-computer Interaction*. New Jersey, EUA: L. Erlbaum Associates Inc. Hillsdale.
- Oliveira, C. C. (2013). *Vamos Fazer Design de Interação?* Ed. Estúdio Grampo.
- Potter, M. C., Faulconer, & A., B. (1975). *Time to understand pictures and words*. Londres: Nature.
- Prado, P. R. (2016). *Sistema de Apoio a Programação de Intervenções no Sistema Elétrico de Transmissão Baseado em Realidade Virtual*. Uberlândia: UFU.
- Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2005). *Design de Interação: além da interação homem-computador*. Porto Alegre: Bookman.
- Pressman, R. (2002). *Engenharia de Software (5ª ed.)*. Rio de Janeiro: Mc Graw-Hill.
- Radfahrer, L. (1999). *Design/Web/Design*. São paulo: Market Press.
- Rocha, W. D., & Pires, R. C. (2014). Utilização do Design de Interação na Elaboração das Interfaces de Sistemas de Supervisão e Controle Aplicados à Operação do Sistema Elétrico de Potência. *XIII EDAO - Encontro para Debates de Assuntos de Operação*. Belo Horizonte.

- Rogers, Y., Sharp, H., & Preece, J. (2013). *Design de Intração - Além da interação homem-computador, 3 ed.* Porto Alegre: Bookman.
- Saffer, D. (2009). *Designing for Interaction: Creating Innovative Applications and Devices.* Berkeley, Califórnia: New Riders Publishin.
- Schuetze, H., Pirolli, P. L., Pitkow, J. E., Chi, E. H., & Li, J. (13 de maio de 2003). *Estados Unidos da América Patente N° US6564202 B1.*
- Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Controlled and Automatic Human Information Processing: Perceptual Learning, Automatic Attending, and a General Theory. *Psychological Review, 84.*
- Significado interface.* (3 de Setembro de 2016). Acesso em 3 de Setembro de 2016, disponível em Site Dicionário Michaelis: <http://michaelis.uol.com.br/busca?id=qO5NA>
- Significado sistema.* (3 de Setembro de 2016). Acesso em 3 de Setembro de 2016, disponível em Site Dicionário michaelis: <http://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=sistema>
- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological monographs: General and applied, 74.*
- SSCD. (Janeiro de 2007). Manual do usuário do SSCD - Siatema de Supervisão e Controle Distribuído. Belo Horizonte.