

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**AVALIAÇÃO DAS DEMANDAS DE USUÁRIOS  
OPERADORES E ENGENHEIROS NA  
ELABORAÇÃO DE UMA INTERFACE GRÁFICA DE  
UM SISTEMA SUPERVISÓRIO (SDCD) DE UMA  
PLANTA PETROQUÍMICA**

Porto Alegre, 2003.

Roberto Saouaya

**AVALIAÇÃO DAS DEMANDAS DE USUÁRIOS  
OPERADORES E ENGENHEIROS NA ELABORAÇÃO DE  
UMA INTERFACE GRÁFICA DE UM SISTEMA  
SUPERVISÓRIO (SDCD) DE UMA PLANTA  
PETROQUÍMICA**

Trabalho de conclusão do Curso de Mestrado  
Profissionalizante em Engenharia como requisito  
parcial à obtenção do título de Mestre em  
Engenharia - modalidade Profissionalizante –  
Ênfase **Ergonomia**

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Lia Buarque de Macedo Guimarães, Ph.D.

Porto Alegre, 2003.

Este Trabalho de Conclusão foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de mestre em ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo orientador e pelo coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

**Prof.<sup>a</sup> Lia Buarque de Macedo Guimarães**

Orientadora  
Escola de Engenharia  
Universidade Federal do Rio Grande do  
Sul

---

**Prof.<sup>a</sup> Helena Beatriz Bettela Cybis**

Coordenadora  
Mestrado Profissionalizante em Engenharia  
Escola de Engenharia  
Universidade Federal do Rio Grande do  
Sul

**BANCA EXAMINADORA**

Dr<sup>a</sup> Anamaria de Moraes  
Professora - PUC/RIO

Ph.D Marília Levacov  
Professora – PPG-COM/UFRGS

Dr. Marcelo S. Pimenta  
Professor - PPGCC/UFRGS

*A Solange e Marcelo,  
essenciais em minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

- ◇ Ao *Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP)*, pelo curso realizado e oportunidades proporcionadas no decorrer deste trabalho;
- ◇ a *minha orientadora Lia Buarque de Macedo Guimarães*, pelo aprendizado, confiança, incentivo, persistência e assistência no decorrer do curso;
- ◇ aos integrantes do *Lopp*, com meus especiais agradecimentos ao *Júlio*, ao *Portisch*, ao *Silvério*, ao *Diniz*, à *Daniela*, à *Tatiana e outros*;
- ◇ a *todos os professores do PPGEP*, por terem contribuído com minha formação;
- ◇ aos *colegas da OPP Química*, com meus especiais agradecimentos ao *Grupo 1*, *Automação e Gerência*;
- ◇ aos *amigos da OPP Química*, pela disposição em ajudar;
- ◇ a *minha família*, pelo incentivo;
- ◇ aos *meus pais*, pela educação, compreensão e carinho;
- ◇ à *Escola de Administração da UFRGS*, os meus agradecimentos à *Denise*, por sua ajuda na conclusão desta dissertação, à *prof<sup>a</sup> Vera* e ao *prof<sup>o</sup> Becker*, na resolução matemática;
- ◇ a *todos aqueles amigos* que comigo estiveram nesta caminhada, manifestando *carinho e atenção*, os meus agradecimentos e *sincero reconhecimento*.

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo identificar, analisar e selecionar as variáveis prioritárias para o controle de um Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD) de transporte pneumático de esferas de uma Petroquímica. O método adotado no estudo foi o Desenho Comentado de Guimarães (1993), onde o usuário é filmado enquanto desenha e verbaliza sobre como se dá o funcionamento e o controle do sistema em estudo. O método permitiu conhecer as necessidades e prioridades dos sujeitos envolvidos na pesquisa e identificou diferenças entre as opiniões, que impactam na concepção da interface: basicamente, os operadores e engenheiros entendem o funcionamento do sistema de forma semelhante mas divergem na forma de conceber uma tela para o controle do mesmo sistema. Os sujeitos engenheiros foram mais detalhistas e preocupados com a segurança do sistema, ao verbalizarem mais variáveis nos dois modos de operação (funcionamento e controle) se comparados com os operadores. Os operadores mostraram preferência por uma interface que represente a área. Pode-se concluir que os operadores têm uma visão local (operacional) do sistema supervisorio e os engenheiros têm uma visão global (gerencial) do mesmo sistema. Uma proposta de interface que concilie os conhecimentos teórico e tácito dos dois sujeitos parece ser a melhor alternativa de interface a ser testada.

Palavras – chave: controle, SDCD, desenho comentado, interface, tela gráfica e segurança.

## **ABSTRACT**

The aim of this paper is to identify, analyse and select the main variables for the control of a Digital System of Distributed Control ( DSDC ) of sphere pneumatic transport in a petrochemical company. The method adopted for this study was the Guimarães's commented drawing ( 1993 ), where the user is shot while he draws and verbalizes about the functioning and the control of the system. This method allowed knowing the necessities and priorities of the subjects involved in this research, and identified differences in opinions, which cause an impact in the interface conception: basically, the operators and engineers understand the functioning of the system in similar ways, although they diverge in the way of conceiving a screen for the control of the system. The engineer subjects were more concerned about the security of the system and also, more thorough in relation to it and in verbalizing more variables in the two operating forms ( functioning and control ) when compared to the operators. These showed preference for an interface which represented the area. The conclusion is that the operators have a local view ( operational ) of the supervisory system, while the engineers have a global view ( managerial ) of the same system. An interface proposal which conciliates the theoretical and tacit knowledge of both subjects seems to be the best interface alternative to be tested.

Keywords: control, DSDC, commented drawing, interface and security.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Sala de Controle do Tipo Sinótico.....	18
<b>Figura 2:</b> Representação Gráfica Convencional de um Supervisório (SDCD) .....	19
<b>Figura 3:</b> Três níveis de controle cognitivo do comportamento. Rasmussen (1983). Fonte: Apostila mestrado profissional: <i>Ergonomia cognitiva</i> , p. 5-3. Porto Alegre. UFRGS: 2000.....	35
<b>Figura 4:</b> Características dos Sujeitos da Pesquisa .....	43
<b>Figura 5:</b> Codificação das Características dos Sujeitos .....	52
<b>Figura 6:</b> Distinção entre Variáveis de Funcionamento, Controle e Segurança Verbalizadas pelos Sujeitos Operadores e Engenheiros .....	56
<b>Figura 7:</b> Em Negrito, as Variáveis Comuns dos Modos de Funcionamento e Controle dos Sujeitos Operadores.....	59
<b>Figura 8:</b> Desenho Característico de Funcionamento dos Sujeitos Operadores .....	60
<b>Figura 9:</b> Desenho Característico de Controle dos Sujeitos Operadores .....	60
<b>Figura 10:</b> Em negrito as <b>Variáveis de Funcionamento</b> semelhantes nos modos de funcionamento e controle dos engenheiros .....	66
<b>Figura 11:</b> Desenho Característico de Funcionamento do Sujeito Engenheiro .....	67
<b>Figura 12:</b> Desenho Característico de Controle do Sujeito Engenheiro .....	67
<b>Figura 13:</b> Variáveis que Compõem o Modelo de Funcionamento dos Sujeitos Operadores e Engenheiros .....	68
<b>Figura 14:</b> Em negrito as Variáveis que diferentes que Compõem o Modelo de Controle dos Sujeitos Operadores e Engenheiros.....	70
<b>Figura 15:</b> Representação Gráfica da Variável de Segurança do Compressor Referente a Partida e Parada.....	71
<b>Figura 16:</b> Variáveis de Segurança dos Sujeitos Operadores e Engenheiros.....	72
<b>Figura 17:</b> Exemplo de desenho de Funcionamento do Sujeito Operador.....	75
<b>Figura 18:</b> Exemplo de desenho de Funcionamento do Sujeito Engenheiro .....	75
<b>Figura 19:</b> Resultado do Teste estatístico - <i>Mann - Whitney U</i> . .....	76

<b>Figura 20:</b> Desenho Característico de Funcionamento do Sujeito Engenheiro .....	77
<b>Figura 21:</b> Variáveis que Devem Compôr o Leiaute dos Operadores e o <i>Layout</i> dos Engenheiros .....	79
<b>Figura 22:</b> Esboço do <i>Layout</i> dos Sujeitos Operadores .....	80
<b>Figura 23:</b> Esboço do <i>Layout</i> dos Sujeitos Engenheiros .....	80
<b>Figura 24:</b> Leiaute Computadorizado da Tela de Controle com Base na Interface dos Sujeitos Operadores .....	82
<b>Figura 25:</b> Respostas da Pergunta A - É importante que a representação gráfica lembre a área real? .....	83
<b>Figura 26:</b> Representação Gráfica da Variável Compressor Semelhante à Área .....	84
<b>Figura 27:</b> Representação Gráfica Oficial da Variável Compressor Conhecida pelos Sujeitos nos Fluxogramas .....	84
<b>Figura 28:</b> Respostas da Pergunta B. Você prefere uma tela com mais informações e não precisar navegar (ir de uma tela para outra) ou você prefere poucas informações em uma tela e navegar para outras? .....	86
<b>Figura 29:</b> Cruzamento da Linha de Transporte que deve ser evitada afim de melhorar a organização gráfica .....	88
<b>Figura 30:</b> Sem cruzamento da linha de transporte .....	88
<b>Figura 31:</b> Variável compressor muito próximo entre si .....	89
<b>Figura 32:</b> Melhoramento de espaço entre os compressores melhorando a visualização .....	90
<b>Figura 33:</b> Redesenho da interface após melhoria dos elementos gráficos .....	91

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01</b> - Variáveis de Funcionamento dos Operadores .....	46
<b>Tabela 02</b> - Variáveis de Controle dos Operadores .....	47
<b>Tabela 03</b> - Variáveis de Funcionamento dos Engenheiros .....	48
<b>Tabela 04</b> - Variáveis de Controle dos Engenheiros .....	49
<b>Tabela 05</b> - Características dos Sujeitos .....	52
<b>Tabela 06</b> - Prioridade das Variáveis de Funcionamento dos Operadores .....	57
<b>Tabela 07</b> - Prioridade das Variáveis de Controle dos Operadores .....	57
<b>Tabela 08</b> - Prioridade das Variáveis de Funcionamento dos Engenheiros .....	64
<b>Tabela 09</b> - Prioridade das Variáveis de Controle dos Engenheiros .....	65

## LISTA DE NOTAÇÕES E SIGLAS

Aditivação	Unidade operacional onde as esferas são aditivadas, ou seja, os aditivos são, em geral, antioxidantes e antiestáticos que melhoram a qualidade das esferas.
BULK 1	Nome da planta petroquímica do objeto de estudo.
Designer	Ou projetistas - são pessoas especializadas na confecção de telas gráficas.
Engenheiro	Ou <i>experts</i> - são sujeitos responsáveis pela programação e projetos de um processo petroquímico.
Esferas	Ou grânulos - são os produtos produzidos pela planta Bulk 1 que se assemelham a pequenas esferas.
Menções	Ou variáveis - são os elementos verbalizados pelos sujeitos que devem compor a tela gráfica do objeto de estudo.
Operador	Sujeito responsável pela operacionalização de um processo petroquímico.
PPGEP	Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.
Polimerização	Processo em que duas ou mais moléculas de uma mesma substância se reúnem para formar uma estrutura de peso molecular mais elevado, neste caso, a polimerização do propeno em polipropileno (esferas).
SDCD	Sistema Digital de Controle Distribuído.
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences.
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
Verbalização	É um comportamento verbal provocado. Uma maneira de obter essas informações é pedir para os usuários pensarem alto durante a realização da tarefa. Permite apreender o sistema técnico a partir do que o operador considera pertinente.

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 OBJETIVO PRINCIPAL .....	16
1.1.1 <i>Objetivo Secundário</i> .....	17
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	17
<b>2 REVISÃO DAS QUESTÕES COGNITIVAS.....</b>	<b>18</b>
2.1 TOMADA DE DECISÃO, MODELO MENTAL E CONCEPÇÃO DE INTERFACE NA SUPERVISÃO DE SISTEMAS COMPLEXOS .....	18
2.1.1 <i>Análise da Tomada de Decisão no Controle de Sistemas Complexos</i> .....	20
2.1.2 <i>Modelo Mental e Lógicas de Funcionamento e Usabilidade dos Usuários</i> .....	23
2.1.3 <i>Abordagem Ergonômica na Concepção de uma Interface Operacional</i> .....	26
2.1.4 <i>Critérios e Normas Ergonômicas na Avaliação de Interfaces</i> .....	31
2.2 ESTRATIFICAÇÃO DA INFORMAÇÃO COGNITIVA .....	34
<b>3 ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>38</b>
3.1 PERFIL DA EMPRESA.....	38
3.1.1 <i>Objeto de estudo e aspectos organizacionais</i> .....	39
3.2 DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA .....	41
3.2.1 <i>Sujeitos</i> .....	43
3.2.2 <i>Procedimento para Entrevista</i> .....	44
3.2.3 <i>Dados para Análises</i> .....	45
3.3 TESTE ESTATÍSTICO - SPSS .....	50
3.3.1 <i>Dados para Rodar o SPSS</i> .....	52
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>55</b>
4.1 AVALIAÇÃO DESCRITIVA E QUANTITATIVA DAS DIFERENÇAS OPERACIONAIS ENTRE OS SUJEITOS.....	55
4.1.1 <i>Análise Descritiva das Respostas dos Sujeitos Operadores</i> .....	56
4.1.2 <i>Análise Descritiva das Respostas dos Sujeitos Engenheiros</i> .....	64
4.1.3 <i>Análise Comparativa entre os Desenhos de Operadores e Engenheiros</i> .....	68
4.1.4 <i>Variáveis de Segurança</i> .....	71
4.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS DIFERENÇAS OPERACIONAIS.....	76
4.3 MELHORIA DA INTERFACE ELEITA PELOS SUJEITOS OPERADORES E ENGENHEIROS .....	83
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>93</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>96</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>107</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, 60% das pessoas do mundo ocidental trabalham produzindo informação (MELO, 1992) que passa por um processo veloz de disseminação. A Tecnologia da Informação (TI) fornece os meios de armazenar, transferir e processar informações por meio de computadores (ANTUNES e BOFF, 1994).

A informação pode ser considerada como a maior fonte de riqueza das empresas, suplantando ativos como o capital e os recursos de transformação (pessoas, máquinas, matérias-primas). O maior desafio será transformar informações em ações direcionadas para melhorar o desempenho operacional de um processo produtivo (ANTUNES e BOFF, 1994). Mas, segundo Mundorf et al. (1997), as pessoas que lidam com sobrecarga de informações ignoram parte das informações disponíveis.

Assim, é importante que a informação seja selecionada a fim de que o usuário possa trabalhar somente processando as informações pertinentes à sua atividade. Isto é especialmente importante se esta atividade for de controlar um processo complexo e contínuo, caracterizado por inúmeros instrumentos de controle, indicadores visuais, registradores de informações, etc, instalados no monitor de um sistema computacional e supervisionado 24 horas por operadores (IIDA, 1997). Exemplos disso, são as refinarias petroquímicas controladas por um Sistema Supervisório do tipo Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD).

O sistema supervisório SDCD surgiu com o advento do computador digital microprocessador, permitindo que os “controladores” (instrumentos que compõem o sistema) sejam inteligentes e independentes, ou seja, se houver falha em um controlador, ela não será sentida pelos demais controladores, que continuarão funcionando normalmente. O SDCD combina o conceito de controlador individual com o de controle centralizado. Utiliza as ferramentas de coleta, análise e otimização disponibilizadas pela tecnologia de um controle centralizado e baseadas em um computador. Entretanto, mantém a flexibilidade, rapidez de resposta e confiabilidade dos controladores individuais que, por sua vez, são baseados em microprocessadores (OPP AUTOMAÇÃO, 1997).

Segundo Guimarães (1997), o que ocorre com a disseminação desta tecnologia é que, hoje, o operador passa a controlar a produção em salas fechadas com computadores,

isolando-se cada vez mais do contato com o processo produtivo. Em muitos processos, não existe mais o toque humano no produto, tudo é automatizado. Os controles são realizados por meio de instrumentos que permitem ao operador (usuário do sistema) monitorar e controlar as variáveis à distância, abrindo e fechando válvulas, partindo e parando equipamentos.

Estas informações computadorizadas são repassadas aos operadores por meio de telas gráficas representativas do processo. Pelos monitores de operação, o operador controla e ajusta as variáveis do processo. O controle avançado do processo, normalmente, é realizado por um computador com alta capacidade de processamento numérico, uma vez que a sua finalidade é otimizar o processo produtivo com informações operacionais. O controle de processo objetiva:

1. manter os processos industriais dentro de seus pontos operacionais mais eficientes;
2. prevenir condições instáveis no processo que poderiam pôr em risco pessoas e equipamentos;
3. mostrar dados sobre o processo aos operadores da planta para que eles possam manter o mesmo ritmo seguro e eficiente.

Desta forma, o controle pretende otimizar e facilitar a operação do sistema de supervisão (PETRO-QUÍMICA, 2000).

Neste contexto, é interessante ressaltar que a evolução desta Tecnologia da Informação tem gerado uma carga maior de atividades cognitivas nas pessoas que a utilizam constantemente no seu dia-a-dia, visto que o trabalho passou a ser muito mais mental do que braçal. Dertouzos (1997) compara a Revolução da Informação com a Revolução Industrial. Para ele, é o cérebro, e não os músculos, que será transferido para as máquinas. Pilon (2000) destaca que as tecnologias proliferam o acesso rápido à informação. Neste caso, a informação por *displays* computadorizados passa a ser decisiva na qualidade do trabalho, por ser o meio de diálogo entre o operador e o processo produtivo. Como o projeto de interface geralmente não se baseia em uma simbologia acessível ao usuário, ele é foco de muitos problemas (GUIMARÃES, 1993).

Ainda Guimarães (1993) afirma que uma maneira para minimizar o problema da complexidade da representação da interface é transformá-la menos complexa, mais próxima da linguagem do usuário. No entanto, Guimarães diz que não é muito fácil de ser realizada, pois a maioria dos projetistas não possuem base ergonômica para o desenvolvimento da interface. Em virtude disso, Guimarães comenta que os *softwares* sofrem problemas tais como: falta de previsão de erros humanos, incompatibilidade entre o desempenho do usuário e o desempenho do *software*, falta de homogeneidade na forma de apresentação e excesso de informação, etc.

Para Daniellou <sup>1</sup> apud Guimarães (1993), não é o número de variáveis de processos a controlar que constitui a dificuldade operacional, mas as incertezas dos processos e intervenções de correções realizadas pelos operadores. Como foi dito anteriormente, um caminho é diminuir esta complexidade. Além disso, os diferentes estilos de agir e pensar (cognitivos) dos usuários também influenciam na estabilidade do processo quanto na tomada de decisão frente a um problema operacional.

Segundo Keyser <sup>2</sup> apud Jarufe (1999), esta complexidade de informações dos processos contínuos faz parte do ambiente dos operadores que é composto por: um sistema dinâmico temporal, muitas variáveis em interação, objetivos pouco claros e ao mesmo tempo conflitivos e, em muitos casos, de riscos elevados. No entanto, é importante que as informações, representadas nas telas operacionais, sejam claras e de fácil interpretação por parte dos usuários, afim de minimizar e/ou evitar erros operacionais.

Segundo Mendes (1997), atualmente a interface com o usuário final é talvez o elemento em que os desenvolvedores de sistemas especialistas dedicam mais tempo projetando e implementando. Neste sentido, a ergonomia de concepção de telas é hoje um quesito fundamental para o usuário de um Sistema Supervisório acessar, navegar e interpretar com clareza as informações e, assim, tomar decisões importantes com segurança e presteza.

---

<sup>1</sup>DANIELLOU, F. L'opérateur lavanne, l'erreur: l'ergonomie des salles de contrôle. ANACT, Montrouge, 1986.

<sup>2</sup>KEYSER, V. De la contingence à la complexité: L'Evolution des idées dans l'étude des processus continus, Le travail Human. [S.L.:n.], 1988.

## 1.1 Objetivo Principal

O objetivo principal deste trabalho é conhecer e avaliar as necessidades dos usuários operadores e engenheiros responsáveis pelo controle de uma sub-unidade da planta petroquímica de processo contínuo da OPP Química S.A., do Grupo Odebrecht, envolvidos na pesquisa, a fim de projetar interfaces que contemplem a maioria dos operadores e engenheiros.

O objetivo prático deste trabalho é, com base no método do Desenho Comentado (Guimarães, 1993), identificar as variáveis que devem compor a representação gráfica do sistema supervisorio selecionado que trata, especificamente, do transporte pneumático de grânulos e/ou esferas - PK 20801 da planta Bulk 1. A escolha do sistema deve-se ao fato de que a empresa passa por um processo de transformação tecnológica, ou seja, substituindo um sistema de controle operacional analógico por um Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD) da planta Bulk 1.

A proposta de pesquisa desta dissertação visa contribuir com esse processo de mudança, implantando um método ergonômico de suporte para a concepção de telas operacionais. A técnica do Desenho Comentado (GUIMARÃES, 1993) possibilita identificar, priorizar e selecionar, as variáveis que devem ser representadas em um sistema supervisorio tendo sido desenvolvida e aplicada, entre 1993/95, em um Sistema Supervisorio de uma planta petroquímica do Estado do Rio Grande do Sul (GUIMARÃES, 1993).

Por meio do *software* estatístico SPSS, é possível verificar se os tipos diferentes de usuários do sistema; operadores e engenheiros, compartilham, ou não, dos mesmos modos operativos de controle e funcionamento do sistema, objetivando a concepção de diferentes opções de *layout* operacionais que sejam de entendimento da maioria dos usuários, a fim de facilitar a interação homem-máquina e, portanto, otimizar a tarefa de supervisão dos diferentes tipos de usuários no controle do Sistema Supervisorio.

### **1.1.1 Objetivo Secundário**

Desenvolver, por meio de recomendações ergonômicas, geradas a partir dos resultados da pesquisa, um novo desenho e/ou redesenho melhorado de interface do sistema supervisorio da sub-unidade operacional de transporte pneumático da planta Bulk 1, e implantar a nova interface para posterior avaliação.

## **1.2 Estrutura do Trabalho**

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, incluindo a presente introdução.

O capítulo dois fornece um resumo dos conceitos relacionados aos aspectos cognitivos da ergonomia tais como: imagem mental, processamento da informação, controle cognitivo, que são fundamentais na interação homem-computador.

No terceiro capítulo, apresenta-se o estudo de caso, tendo como base o método de Desenho Comentado de Guimarães (1993). Nesta seção, descreve-se o perfil da empresa (OPP Química S. A.), as características do objeto de estudo (Transporte Pneumático de Grânulos e/ou Esferas - PK 20801 da planta Bulk 1), e o método aplicado na pesquisa.

No quarto capítulo, são expostos os resultados gerados, a análise descritiva, quantitativa e comparativa, análise estatística dos dados, as propostas de opções de telas operacionais e as melhorias incorporadas.

No quinto capítulo são feitas as conclusões finais do trabalho e sugestões para estudos futuros.

## 2. Revisão das Questões Cognitivas

O presente capítulo apresenta um resumo das questões cognitivas de ergonomia de interface homem-computador e resalta sua relação com as representações gráficas que devem compor o supervisor de um sistema complexo.

### 2.1 Tomada de Decisão, Modelo Mental e Concepção de Interface na Supervisão de Sistemas Complexos

Antes do Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD), normalmente, o controle de um sistema complexo era do tipo analógico, onde o operador, de um lado para outro, percorria o extenso painel de tipo sinótico, monitorando as diferentes variáveis de processo do sistema. Segundo Iida (1997), o sistema pode ser classificado como aberto e/ou fechado. Nos sistemas abertos, há necessidade de atuações externas para se corrigir o desempenho, e nos sistemas fechados, há dispositivos de auto-correção.

A figura 1 mostra uma sala de controle de um sistema complexo do tipo sinótico, monitorada por um operador de processo.

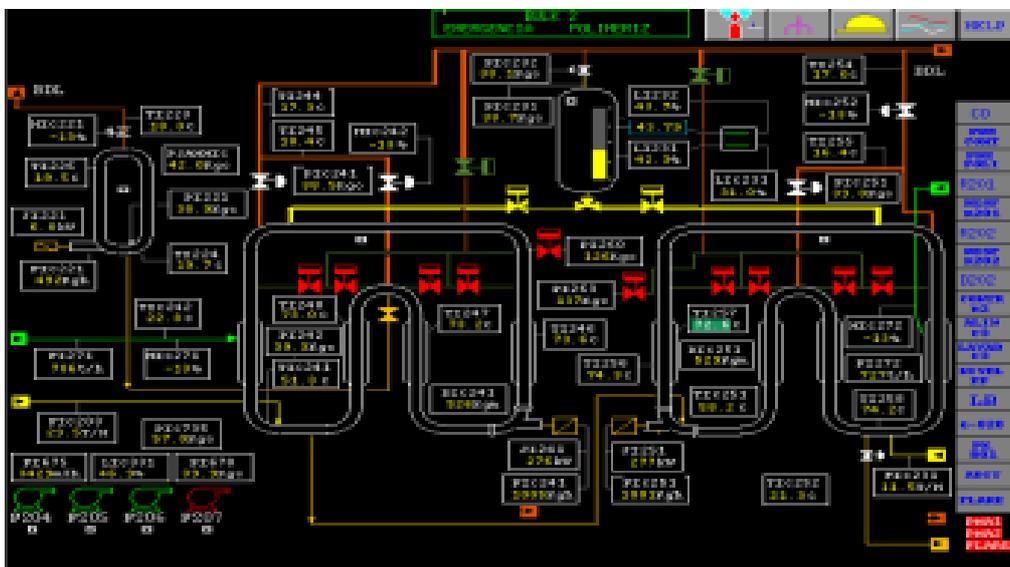


**Figura 1:** Sala de Controle do Tipo Sinótico

Segundo Guimarães (2001), as tarefas de controle de um supervisor exigem do operador menos vigor físico e mais esforço de decisão. Isto se deve pela evolução das novas tecnologias informatizadas e automatizadas, onde o desenvolvimento mental do

operador passou a ser fundamental para a tomada de decisões e execução das ações de cada tarefa. Atualmente os postos de trabalhos com o uso do computador vem crescendo. Com isso, a relação homem e produto concentra-se na tela de um monitor, ou seja, o controle de supervisão de um processo produtivo pode ser controlado por meio de *displays* computadorizados.

O trabalho de supervisão, ou seja, o controle operacional do processo, por meio do SDCCD, permite ao operador visualizar o processo nos monitores dos computadores por meio de símbolos e/ou ícones que são representações gráficas metafóricas e/ou concretas. Por exemplo, um desenho de uma impressora para designar o dispositivo físico (CYBIS, 2003). Moraes (1994) define ícones como pequenas imagens gráficas, utilizadas para representar uma metáfora interfacial. Neste estudo, os símbolos e/ou ícones representam, graficamente, na tela de um sistema supervisorio (SDCCD) as variáveis da unidade de transporte pneumático da planta Bulk 1. A figura 2 mostra um modelo de representação gráfica (SDCCD) de um processo petroquímico.



**Figura 2:** Representação Gráfica Convencional de um Supervisorio (SDCCD)

Esta forma de apresentação, em telas, via monitor, é a principal ligação que o operador tem com o processo produtivo. A informação que chega via supervisorio (SDCCD) por

meio de telas gráficas deve ser clara e precisa, para que facilite a tomada de decisão do operador, cabendo a ele, a função de supervisionar o processo interpretando e agindo nas variáveis do sistema do SDCD frente a possíveis problemas, registrando e analisando os dados do processo, obedecendo a normas operacionais e de segurança visando manter a qualidade da operação e a segurança das pessoas e patrimônio, orientando e recebendo informações dos operadores da área (OPP TREINOGRAMA, 1997).

### **2.1.1 Análise da Tomada de Decisão no Controle de Sistemas Complexos**

Quando ocorrem mudanças na tecnologia de controle de um processo complexo, muda-se a exigência de desempenho dos operadores quanto ao monitoramento. Na adaptação da  **tarefa** para uma melhor tomada de ação, o operador molda sua estratégia principalmente de processamento cognitivo com a nova tecnologia operacional (JARUFE, 1999). Segundo Cybis (2003), tarefa é o trabalho prescrito, e refere-se àquilo que a pessoa deve realizar, segundo normas, procedimentos, etc.

Para Guimarães (2000), os operadores não são passivos no processo mas, sim, ativamente adaptáveis.

No entanto, o modelo de processo de tomada de decisão, segundo Vergara<sup>1</sup> apud Jarufe (1999) enfatiza que a ativação do operador é provocada pela necessidade de adquirir informações antes do evento, ou seja, antecipadamente.

A necessidade de recapitular, em alguns casos antecipadamente, os procedimentos operacionais de emergência ou tarefas incomuns que são esquecidas por não serem rotineiras, faz parte do dia a dia no controle de um sistema supervisório (JARUFE, 1999). Por se tratar de um processo complexo, a atividade da tomada de decisão do operador pode ser, em alguns casos, muito simples e, em outros muito complexa.

---

<sup>1</sup> VERGARA, W. Simulação cognitiva da tomada de decisão em situações complexas: modelagem do raciocínio humano por meio de casos. Tese de Doutorado. Florianópolis, UFSC: 1995.

Segundo Santos e Fialho apud <sup>2</sup> Jarufe (1999), o operador procura ajustar a sua **atividade**, ou seja, confrontar os resultados de sua ação com os objetivos e metas operacionais preestabelecidas, para ajustar suas novas ações. Segundo Cybis (2003), atividade é a forma como o trabalho efetivamente é realizado e refere-se ao modo como a pessoa realiza sua tarefa.

Este processo de retroalimentação é conhecido como regulação mas, se o operador não perceber o efeito das suas ações no sistema, visto que as especificações de controle podem interagir, as ações dos operadores podem ter efeitos colaterais com surgimento de outros problemas ocasionados das suas ações prévias que induzirão a uma nova situação de risco.

Segundo Guimarães, as várias tentativas do operador de solucionar um problema poderão gerar outros. Isto irá confundir-lo numa tomada de ação, tornando-se impossível para o operador antecipar os efeitos de suas manobras sobre o sistema.

As ações de decisões classificam-se em 4 grupos (Shoemaker e Russo <sup>3</sup> apud Jarufe), 1999, resumidamente:

- a) o julgamento intuitivo, que constitui a forma de decisão mais rápida e também a mais imprecisa.
- b) as regras, que são formas de decisão mais claras e acuradas mas representam de forma muito limitada a realidade, desconsiderando muitas informações importantes.
- c) a importância ponderada que identifica quais os fatores são considerados mais ou menos importantes.
- d) a análise de valor, que considera a relação existente entre os fatores e os objetivos-chaves na análise da decisão.

---

<sup>2</sup> SANTOS, N. FIALHO, F. Manual de análise ergonômica no trabalho, 2<sup>a</sup> ed., Curitiba: Genesis, 1997.

<sup>3</sup> SHOMAKER, P. RUSSO, E. A pyramid of decision approach. Management Review, p.9-30. California, 1993.

Considerando que o processo em estudo é muito complexo, com inúmeras variáveis e incertezas operacionais, as decisões, neste caso, deveriam ser categorizadas segundo Wetherbe (1994) como sendo:

- a) tomada de decisão sob certeza, onde existe um conhecimento completo e preciso sobre as conseqüências da decisão;
- b) tomada de decisão sob risco, quando só podem ser identificadas as conseqüências possíveis e suas probabilidade de ocorrência;
- c) tomada de decisão sob incerteza, onde só algumas das conseqüências da decisão podem ser identificadas, porém suas probabilidades de ocorrência são desconhecidas.

Segundo Guimarães (2001), a pressão exercida sobre o operador para manter a integridade do sistema poderá comprometer a sua atuação, pois ele poderá tomar decisões em dados incertos. A tomada de decisão correta depende da qualidade da informação, das condições de trabalho e do ser humano. A qualidade da informação fornecida ao ser humano é fonte de melhor desempenho no trabalho.

Segundo Sprague <sup>4</sup> apud Jarufe (1999), não é suficiente fornecer informações aos usuários do sistema. É necessário analisar, interpretar e estruturar as informações através do uso de modelos de tomada de decisão adequados aos problemas.

No entanto, alguns sistemas complexos, ignoram as características físicas, cognitivas e psíquicas dos operadores que não dispõem, quando preciso, de forma adequada, das informações claras e pertinentes essenciais para a suas tomada de decisão (WISNER, 1994).

Neste aspecto, a informação clara, precisa e consistente, é fundamental na tomada de decisão, especialmente, quando se trata de monitorar um sistema complexo, na qual, as informações são selecionadas e processadas pelo operador.

---

<sup>4</sup> SPRAGUE, R H. Decision support systems. North holland, n. 3, p.197-200, 1987.

## 2.1.2 Modelo Mental e Lógicas de Funcionamento e Usabilidade dos Usuários

Conforme Moraes (1999), diversas abordagens procuram definir noções de modelo mental dos usuários e seus ambientes. Uma alternativa refere-se a:

- i) O modelo conceitual do usuário, que compreende considerações informais e subjetivas deste no entendimento e concepção da interface. A maior parte dos estudos de interação homem-máquina convergem para este modelo.
- ii) O modelo mental dos usuários que compreende a forma estruturada e formal fundamentada na psicologia cognitiva.

Com relação ao modelo conceitual do usuário, existem dois aspectos a serem considerados: a conceitualização do sistema pelo projetista e o modelo conceitual construído pelo usuário - o primeiro é o modelo de projeto, o segundo é o modelo do usuário (MORAES, 1999).

Visto que os sistemas são geralmente criados por analistas, engenheiros, projetistas, etc, onde, normalmente, as atividades da tarefa na relação homem-computador (do neófito ao experiente) não são consideradas **adequadamente**, podendo gerar divergências entre o modelo de projeto e o modelo do usuário (MORAES, 1999). Um determinado sistema nunca é acessado apenas por um determinado tipo de usuário, mas por uma mistura deles (DUL e WEERDMEESTER, 1995).

Neste caso, pode-se dizer que o modelo conceitual de projeto enquadra-se no desenvolvimento de dimensão interna de um *software* (nas pessoas que fazem o *software*), enquanto que o modelo conceitual do usuário enquadra-se na dimensão externa do *software* (nas pessoas que usam o *software*).

Neste sentido, Pimenta e Faust (1993) propõem o desenvolvimento de *software* como um todo e não apenas com a dimensão externa, ou seja, um canal de comunicação comum que envolve o fazer (desenvolvedor-interno) e o usar (usuário-externo) do *software*.

Entende-se que o processo de desenvolvimento do *software* baseia-se em:

1. Lógica de Funcionamento: dos recursos tecnológicos que o *software* oferece aos usuários do sistema;
2. Lógica de Usabilidade: como os usuários utilizam os recursos oferecidos pelo *software*.

Souza (1998) considera que é objetivo da ergonomia, atender essas duas lógicas durante o processo de desenvolvimento homem-máquina, a fim de que haja um consenso entre ambas as partes com o objetivo de dar usabilidade no sistema.

No entanto, Moraes et al. (1994) diz que a ergonomia não deve tratar apenas com os objetivos de interação do usuário, mas também com os objetivos específicos do usuário, ou seja, a ergonomia trata da **usabilidade** e da **utilidade**. No primeiro caso - **Usabilidade - HCL ergonomics** - compreende a habilidade do *software* em permitir que o usuário alcance facilmente as suas metas de interação.

No segundo caso - **Utilidade** - a ergonomia considera a habilidade do *software* de permitir que o usuário alcance suas metas fundamentais, desempenhe sua tarefa.

Com relação ao modelo mental dos usuários, por ser tratar de estruturas cognitivas, que é domínio da psicologia, é um assunto abrangente com diversas interpretações e conceituações, visto que o trabalho mental varia de indivíduo para indivíduo numa mesma situação de operação.

As variações mentais que um indivíduo faz de uma dada situação e seus modos operativos depende não só do momento mas, também, da exigência cognitiva da tarefa. (GUIMARÃES, 2001).

Para Ochanine<sup>1</sup> apud Guimarães (1993), a imagem mental distingue-se em imagem operativa e imagem cognitiva. A primeira é prática, funcional, de busca incompleta, visando uma ação mais rápida e eficaz. A segunda é uma imagem teórica na qual o operador parte da imagem operativa para uma imagem cognitiva na resolução dos problemas. Neste sentido, Ochanine enfatiza as características funcionais das imagens

---

<sup>1</sup>OCHANINE, D. L. Image operative. Université de Paris. Actes d'un séminaire. (1-5 juin, 1981).

mentais, ou seja, uma imagem jamais reflete o mecanismo integral de um equipamento mas apenas uma parte, devido ao interesse particular de quem a constrói.

A pessoa tem a imagem mental global do funcionamento do equipamento mas é nas partes específicas que ela vai priorizar o seu domínio sobre o equipamento, que é estabelecido conforme a sua necessidade de aprendizagem operacional.

Segundo Laville (1986), a imagem operativa abrange uma estrutura mental da tarefa e os meios como executá-la que levam o executante a pensar e raciocinar suas ações.

Para Wisner (1987), o operador e o engenheiro possuem conhecimentos distintos, mas não duas lógicas diferentes, ou seja, na resolução de um problema, os métodos podem ser diferentes para alcançar os mesmos resultados. Segundo Cazamian<sup>2</sup> apud Guimarães (1993), o engenheiro apenas interage de forma diferente com o objeto técnico em consequência de sua formação e de suas funções.

Esta visão heterogênea de imagens mentais de um mesmo sistema complexo em relação a um problema qualquer dependerá do grau de conhecimento do indivíduo na resolução do problema. Em vista disso, pode-se deduzir que há:

1. dificuldade de enquadrar (classificar) os indivíduos mediante os diferentes modelos de imagem mental;
2. dificuldade em conceber telas que atendam a estas diferentes imagens mentais.

Para Jarufe (1999), a análise da atividade mental permite identificar as exigências cognitivas, manifestadas pelo operador ao realizar uma tarefa. Neste caso, é interessante que a atividade e/ou trabalho de supervisão seja conhecida e analisada ergonomicamente, a fim de verificar a existência ou não de sobrecarga da atividade mental na tarefa de controle e tomada de decisão.

Segundo Guimarães (1993), novos métodos de avaliação precisam ser concebidos e

---

<sup>2</sup> CAZAMIAN. L image operative. Université de Paris. Actes d'un séminaire P.24. (1-5 juin, 1981).

experimentados a fim de verificar se interfaces implementadas com a imagem mental do operador melhoram ou não sua performance operacional.

### **2.1.3 Abordagem Ergonômica na Concepção de uma Interface Operacional**

Quanto ao desenvolvimento de interfaces, várias abordagens foram desenvolvidas na concepção e avaliação de *softwares*, com relação aos estilos mentais. Devido à complexidade do assunto, percebe-se a necessidade de inclusão de diferentes áreas de conhecimento tais como: psicologia, sociologia, medicina, além da engenharia.

Sabendo da importância de analisar e compreender o que influencia o processo de conhecer as variáveis de um sistema supervisorio, a *Ergonomia de Software* procura agregar estes conhecimentos, com a intenção de melhorar as condições de trabalho entre o ambiente e os usuários, intermediada pela interface.

Normalmente, na concepção de interfaces, por desconhecer o mecanismo de um sistema em particular, a maioria dos projetistas de sistemas desenvolve as representações gráficas por meio de informações de entrevista ou questionário fornecidos, geralmente, pelos usuários mais experientes do sistema em foco mas esquecem os outros tipos de usuários do sistema.

Segundo Souza (1998) a concepção de um sistema supervisorio geralmente é desenvolvido pelo modelo de projeto. Primeiramente o mecanismo de funcionamento (*hardware*) e controle das variáveis de processos (física, mecânica, química, etc.) para, então, preocupar-se com o modelo mental dos usuários (usabilidade), ou seja, a exigência operativa, subjetiva e cognitiva dos usuários.

Cybis (2003) comenta que, na concepção de uma interface, ela deve estar centrada na necessidade do usuário ou nos requisitos do sistema. Aplicando a técnica da Análise Ergonômica do Trabalho, obtém-se, dos usuários envolvidos, um detalhamento lógico de relacionamento dos objetivos e sub-objetivos do sistema, por exemplo, realização de entrevistas detalhadas com alguns usuários-alvo, observação direta ou indireta, formal ou informal de alguns usuários-alvo, reuniões de *brainstorming*, etc.

Sobre a interação homem-computador, Cybis apud <sup>1</sup>Ribeiro (1998) sugere o formalismo denominado *Méthode Analytique de Description* (MDA), que permite a descrição do modelo da tarefa, evidenciando sua organização de objetivos e sub-objetivos com relação às lógicas de sincronização entre as sub-tarefas, a demanda de informação e o vocabulário empregado, ou seja, nesta etapa é possível conhecer certos diálogos homem-computador, iniciando a realização da interface.

A validação ergonômica pode ainda ser realizada por meio de maquete da interface (conjunto de objetos gráficos organizados para dar uma imagem fiel da(s) tela(s), tal(is) como será(ão) visível(is) para o usuário), e tem como objetivo garantir, com base em diferentes testes, que a interface corresponda às expectativas dos usuários.

As técnicas para avaliação de interfaces apresentadas por Cybis apud Ribeiro (1998), descritas de forma simplificadas, são:

- **avaliação heurística**: especialistas em interfaces analisam a interface e, por experiência, identificam problemas de usabilidade;
- **exploração cognitiva**: onde o projetista navega na funcionalidade para identificar as possíveis ações a serem executadas pelos usuários;
- **inspeções ergonômicas**: via *checklist* onde o projetista verifica a conformidade da interface com as prescrições contidas nos guias de recomendações;
- **ensaios de interação**: esta utiliza as técnicas mais comuns de observação de testes de usabilidade, por exemplo, gravações em vídeo ou áudio, lápis e papel, **verbalização** simultânea ou consecutiva dos testadores.

Por exemplo, no modelo ergonômico desenvolvido por Valentin et al.<sup>2</sup> apud Matias (1995), sobre abordagem ergonômica para interface homem-computador, a etapa de definição de população e de cenários recaiu sobre um grupo de usuários diretos e

---

<sup>1</sup> CYBIS, W A identificação dos objetos de interfaces homem-computador e seus atributos ergonômicos: Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Florianópolis. SC. 1994.

<sup>2</sup> VALENTIN et al. L'evaluation ergonomique des logiciels: unes démarche interactive e conception. ANACT, 1993.

experientes na tarefa, ainda que estes poderiam ser novatos e/ou experientes na utilização do *software*. A técnica consiste em entrevistas e observações sobre o trabalho a ser realizado no *software* (exame do conjunto da funcionalidade com os usuários experientes), lista de tarefas mais frequentes ou as mais delicadas a serem realizadas nos usuários, ou seja, a construção de ferramentas de interação homem-computador processa-se nas informações dos usuários mais experientes (nível RBB e KBB de Rasmussen, exposto no item 2.2).

Entretanto, para Guimarães (1997), os níveis de conhecimento devem interagir nos três níveis de informação (respectivamente: SBB, RBB e KBB), contemplando as diferenças cognitivas dos usuários do sistema.

Chapdelaine, Descout & Billon <sup>3</sup> apud Souza (1998) também defendem a concepção da interface centrada nas análises dos usuários. Neste sentido, é interessante que a configuração do sistema deva ser executada por equipe multidisciplinar, dando uma atenção especial aos requisitos dos usuários final do sistema.

Norman <sup>4</sup> apud Ribeiro (1998) considera que a interface deve ser centrada no usuário e em suas metas e objetivos. Desta maneira, as interfaces passariam a ser quase imperceptíveis, integradas à tarefa. Mas este autoss não esclarece muito como se deve proceder para conseguir esta interface. Ele apenas recomenda algumas prioridades, tais como: o usuário (*o que realmente quer fazer?*); a tarefa - análise da tarefa (*como o trabalho pode ser feito melhor?*).

Entretanto, nem sempre é possível desenvolver o sistema, atendendo somente aos requisitos dos usuários, ou seja, a usabilidade. Em muitos casos, o desenvolvimento do supervisor depende da tecnologia disponível (*hardware e software*). Nisto, as técnicas de verbalização são extremamente importantes na configuração de uma interface.

Segundo Richard <sup>5</sup> apud Jarufe (1999), a percepção dos trabalhadores sobre a sua situação de trabalho é necessária na medida em que só ele detém conhecimentos sobre: a variabilidade da situação do trabalho; os incidentes; as regulações do sistema; as

---

<sup>3</sup> CHAPDELAINE, C., DESCOUT, R., BILLON, P. Interface design issues in the MEDIALOG project. In: Proceedings. Canada, v.2, p.707-714, cot.1993.

<sup>4</sup> NORMAN, D., Human cognition In: proceedings of workshop on cognitive modelling of plant control room operators, nureg-cr-3414, 1983.

<sup>5</sup> RICHARD, J. F., Logique du fonctionnement et logique dell utilisation. Rapports de recherche. France: Roquencourt, 1983.

exigências do trabalho não formalizados e, as inter-relações exigidas para consecução das tarefas. Esses conhecimentos são indispensáveis para um diagnóstico correto e também na formulação de recomendações e projetos de mudança da situação de trabalho.

Uma das técnicas para obtenção da percepção dos usuários é, segundo Rasmussen <sup>6</sup> apud Jarufe (1999), a análise dos comportamentos verbais espontâneos e/ou provocados. É uma técnica que dá melhores resultados quando aplicada em atividades cognitivas. Esta análise deve ser realizada com máximo senso crítico, para evitar gerar condições artificiais ou erradas aos sujeitos do objeto de estudo.

Segundo Valentin & Lucongsang <sup>7</sup> apud Moraes, 1999 a observação da tarefa e a verbalização das atividades por parte dos usuários permitem ao ergonomista entender, de certa forma, a representação mental que as pessoas fazem do seu trabalho.

Neste aspecto, o método denominado de Design Macroergonômico – D M (FOGLIATTO e GUIMARÃES, 1999) prioriza e identifica (através da técnica verbalização espontânea e/ou questionários) os itens da demanda ergonômica na fase de concepção de um projeto. Este método foi utilizada por Bittencourt e Guimarães (2001) que identificaram as variáveis prioritárias de acordo com as necessidades dos operadores de um centro de controle operacional de trens. Endler et al. (2001) utilizaram o método D M no processo de desenvolvimento de *softwares* com ênfase ergonômica. Em ambos os trabalhos, o método priorizou as necessidades dos usuários, agregando valor na operacionalização das tarefas.

Outra técnica semelhante com o método do Desenho Comentado de Guimarães (1993), quanto a coleta e identificação da representação do objeto, é apresentado por Abric e Guimelli <sup>8</sup> apud Lopes (2001) em *Paradoxos e aspectos psicológicos do uso do computador pelos professores e alunos do curso de psicologia do Unicentro Newton Paiva*, tese de mestrado, PPGEP/UFSC, 2001.

Segundo Lopes (2001), os autores utilizam a técnica da entrevista semi-diretiva, do método projetivo e a escolha sucessiva por blocos. Com esta última técnica, obtém-se uma classificação, por ordem de importância, do conjunto de itens propostos, a partir do

---

<sup>6</sup> RASMUSSEN, J.R., Technologies d'information et analyse de l'activité cognitive. [S.L.], Ed Mardaga, 1991.

<sup>7</sup> VALENTIN, A & LUCONGSANG, R. Lérgonomie des logicieels. Collection outils et methodes. ANACT. Paris, 1987.

<sup>8</sup> ABRIC, J.C., L'artisan et l'artisanat: analyse du contenu et de la structure d'une représentation sociale. France: Buletin de Psychologie, tome xxxvii, 1984. Pratiques sociales et représentation. Paris: Presses Universitaires de France, p. 73, 1994.

qual se pode calcular a ordem média de cada item em uma dada população. Esta técnica é semelhante a de Fogliatto & Guimarães (1999), que propõe o uso da função recíproca, que valoriza os primeiros itens mencionados sendo que, a partir do quarto item, a diferença passa a ser menos expressiva. O item 3.2.3 descreve a técnica de Fogliatto & Guimarães 1999.

Quanto à coleta de dados Lopes (2001), a técnica de Abric utiliza um questionário cuja estruturação não permite resposta monossilábica (sim e/ou não). As perguntas do questionário são subjetivas.

A técnica das Escolhas Sucessivas por Blocos de Abric pede aos usuários que escolha os itens por meio da similaridade e incidência numérica (classificação por ordem de importância do conjunto de itens propostos). Foi utilizada por Lopes (2001) em dois grupos de sujeitos: professores e alunos, para verificar os itens expressivos do uso do computador e comparar algumas diferenças e semelhanças entre os grupos de sujeitos.

Com o mesmo propósito, Guimarães (1993) utiliza o Desenho Comentado para obter as respostas subjetivas dos usuários.

Em vista disto, a técnica de Guimarães (1993), Desenho Comentado, além de identificar e priorizar as variáveis de um sistema supervisorio através dos desenhos e verbalizações, preocupa-se com as diferenças cognitivas dos usuários, procurando atender todos os níveis de processamento da informação (SBB, RBB e KBB).

Guimarães procura registrar a interação homem-computador por meio de filmagem, onde os usuários verbalizam e, simultaneamente, desenham o sistema que é o objeto de estudo. Com base em análise subjetiva, Guimarães (1993) prioriza as variáveis mais importantes do sistema e, aplicando a técnica de análise de aglomerados, procura identificar grupos diferentes de usuários quanto ao nível de informação, com a finalidade de verificar a existência, ou não, de diferentes modelos operacionais de interfaces. Neste sentido, a técnica de Guimarães (1993) centraliza a pesquisa no usuário.

No contexto descrito acima, percebe-se que a construção de interface operacional é uma tarefa complexa.

Existe uma variedade de recomendações e métodos semelhantes e também diferentes. Segundo Coutaz <sup>9</sup> apud Ribeiro (1998), o terreno em que pisa a área de interfaces ainda está longe de oferecer segurança. A continuidade de novos métodos e avaliações é premissa básica para conciliar os diferentes estilos cognitivos, através de uma interface que melhore o diálogo homem-computador, além da presença de elementos de outras áreas (psicologia, design gráfico, etc) que garantem a correta interpretação dos fenômenos cognitivos envolvidos na tarefa, por exemplo LEVACOV <sup>10</sup>.

#### **2.1.4 Critérios e Normas Ergonômicas na Avaliação de Interfaces**

Os pesquisadores Bastien & Scapin <sup>1</sup> apud Matias (1995), estabeleceram critérios ergonômicos que auxiliam na avaliação de interfaces homem-máquina. São 8 critérios resumidamente descritos a seguir:

**CONDUÇÃO:** subdivide-se em: *presteza*, *agrupamento/distinção* (refere-se à organização visual dos itens de informação, posicionamento dos itens, características gráficas tais como formato, cor, etc., *distinção* entre itens de uma classe), *legibilidade* (tamanho, espaçamento entre linhas, letra/fundo, alinhamento, etc.).

**CARGA DE TRABALHO:** subdivide-se em: *brevidade* (limita a carga de trabalho e o número de passos e ações do usuário), *densidade informacional* (refere-se ao conjunto total de itens de informação, e não cada elemento ou item individual).

**CONTROLE EXPLÍCITO:** subdivide-se em: *ações explícitas do usuário* (o computador deve processar somente ações solicitadas pelo usuário) e *controle do usuário sobre o sistema*.

**ADAPTABILIDADE:** subdivide-se em: *flexibilidade* (corresponde ao número de diferentes formas, maneiras à disposição do usuário), *consideração da experiência do usuário*.

---

<sup>9</sup> COUTAZ, J. Interfaces hommes-ordinateurs: conception et réalisation. Paris: Bordas, 1990.

<sup>10</sup> Consulta informal sobre design gráfico. Professora PhD do PPG-COM/UFRGS. Julho, 2003

<sup>1</sup> BASTIEN, Chistian, SCAPIN, Dominique. Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces. Rapport technique n. 156, 1993.

GESTÃO DE ERROS: subdivide-se em: provenção de erros, qualidade das mensagens de erro, correção de erros.

HOMOGENEIDADE: refere-se à consistência de códigos, formatos, procedimentos, etc.

SIGNIFICADO DOS CÓDIGOS E DENOMINAÇÕES: refere-se à adequação entre a variável apresentada e sua referência gráfica (metáfora).

COMPATIBILIDADE: refere-se à relação entre as características do usuário e as características da atividade.

Outra ferramenta na concepção e avaliação de interface para esta tarefa diz respeito à norma internacional *ISO 9241- Requisitos ergonômicos para trabalho em escritório com terminais de vídeo*, é composta por 17 partes na qual, a grande maioria delas está em estudo no Subcomitê de *Software*, sendo que poucas estão em votação, outras em tradução e algumas nem foram estudadas. Em visita ao escritório da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT - Porto Alegre. RS) em 20/12/2002, não há, oficialmente disponibilizada ao público, a norma ISO 9241, versão NBR.

Segundo Dzida <sup>2</sup>apud Matias (1995), as normas de ergonomia de *software* possuem características bastante diferenciadas das normas técnicas tradicionais, pois estão diretamente relacionadas a subjetividade e interatividade dos usuários. Neste contexto, o Subcomitê de *Software* de agosto, 2001, considera alguns procedimentos que devam ser conhecidos, tais como:

- conhecer o usuário e a tarefa;
- conhecer o ambiente e o sistema que o produto pretende apoiar;
- definir uma lista de tarefas a serem usadas na avaliação (as mais importantes e as mais freqüentes);
  - aplicar a norma (observação e heurística).

---

<sup>2</sup> DZIDA, Wolfgang. Standards for user-interfaces. Computer Standards & Interfaces. N. 17, p. 89 - 97, 1995.

Partindo dessas premissas, a parte 10 - Princípios de Diálogos da norma ISO 9241, em estudo pelo subcomitê, apresenta 7 princípios ergonômicos sobre o diálogo homem-máquina que devem ser atendidos no desenvolvimento de interfaces. O diálogo homem-máquina se comunica como duas vias entre o usuário e o sistema, a fim de alcançar um certo objetivo e, ultimamente, têm evoluído muito, aumentando a efetividade, eficiência e satisfação do usuário (DUL e WEERDMEESTER, 1995).

A seguir, de forma resumida, os 7 princípios de diálogo que estão sendo estudados pelo Subcomitê de *Software* de agosto, 2001.

1. ADEQUAÇÃO À TAREFA: Um diálogo é adequado para a tarefa quando ele apoia o usuário em uma conclusão efetiva e eficiente da tarefa.
2. AUTO-DESCRIÇÃO: Um diálogo é auto - descrito quando cada passo do diálogo é imediatamente compreensível por meio de respostas do sistema ou é explicado, sob demanda, ao usuário.
3. CONTROLABILIDADE: Um diálogo é controlável quando o usuário pode iniciar e controlar a direção e o ritmo da interação até que o objetivo tenha sido atingido.
4. CONFORMIDADE COM AS EXPECTATIVAS DO USUÁRIO: Um diálogo está em conformidade com as expectativas do usuário quando é consistente e corresponde às características do usuário, tais como: conhecimento da tarefa, educação e experiência, e por outro lado, à convenções usualmente aceitas.
5. TOLERÂNCIA A ERROS: Um diálogo é tolerante ao erro se, apesar de erros de entrada evidentes, o resultado esperado pode ser obtido com pouca ou nenhuma ação corretiva do usuário.
6. ADEQUAÇÃO À INDIVIDUALIZAÇÃO: Um diálogo é capaz de individualização quando o *software* de interface pode ser modificado para se adequar às necessidades da tarefa, preferências individuais e habilidades do usuário.
7. ADEQUAÇÃO AO APRENDIZADO: Um diálogo é adequado quando apoia e guia o usuário no aprendizado do sistema.

Além disso, o Subcomitê de *Software* considera alguns procedimentos que irão nortear as organizações para o enquadramento a norma, tais como: a elaboração de um guia de

estilo; a utilização de bibliotecas de classes reutilizáveis; a aplicação de um *checklist* ergonômico no projeto de Interface.

Segundo Heemann (1997), o *checklist* é uma ferramenta para avaliação da qualidade ergonômica de um *software*.

Os critérios propostos acima, visam orientar os especialistas, desenhistas e projetistas na concepção e avaliação de interfaces.

## 2.2 Estratificação da Informação Cognitiva

Segundo Guimarães (2001), as diferentes imagens mentais sobre um mesmo sistema, principalmente se complexo, faz com que o sujeito considere (o sistema) sob diferentes formas, em função da exigência cognitiva da tarefa.

Esta situação complexa gerou diversos estudos sendo que Rasmussen <sup>1</sup> apud Guimarães (2001) propôs uma estrutura de controle cognitivo que descreve os mecanismos para o processamento da informação.

No topo da hierarquia desta estrutura está o nível baseado no conhecimento (*knowledge-based*); no meio, está o nível baseado nas regras (*ruled-based*); e, abaixo, está o nível baseado na habilidade ou aptidão (*skill-based*). Eles são associados conforme a informação é selecionada e interpretada:

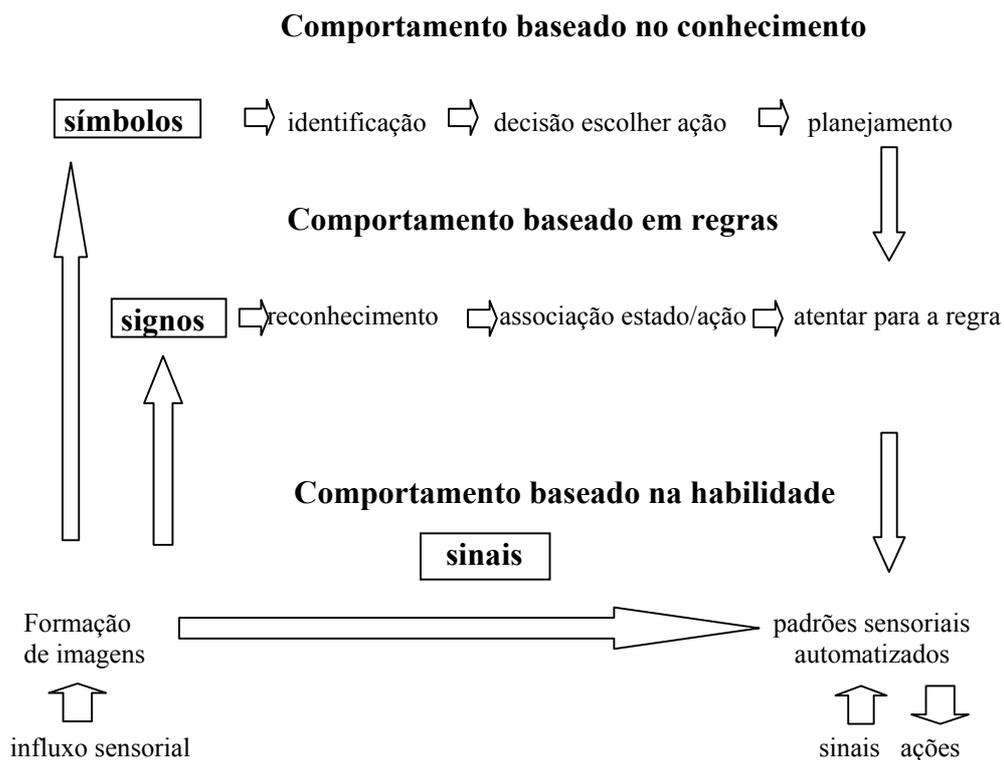
- quando a informação é interpretada como sinal, o comportamento se dá em nível de aptidão (*Skill-Based Behaviour – SBB*);
- quando a informação é interpretada como signo, a ação se dá em nível baseado nas regras (*Ruled-Based Behaviour – RBB*);
- quando a informação é interpretada como símbolo, o comportamento está em nível do conhecimento (*Knowledge-Based Behaviour – KBB*).

A figura 3 mostra os três níveis de controle cognitivo do comportamento humano, ou seja, o modelo dinâmico do fluxo de informações. Nível do conhecimento: lida com

---

<sup>1</sup> RASMUSSEN, J. Skills, rules, knowledge: signals, signs, and symbols and other distinctions in human performance models. IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics. SMC-13:257-267. 1983.

símbolos. Engloba planejamento, identificação, tomada de decisão e resolução de problemas. Nível das regras: lida com signos. Engloba reconhecimento, associação. Nível da habilidade (ou aptidão): lida com sinais. Engloba percepção de sinais. É automático. Não precisa pensar no que faz. Ocorre em situações em que se tem tanta prática que não há necessidade de intervenção consciente.



**Figura 3:** Três níveis de controle cognitivo do comportamento. Rasmussen (1983). Fonte: GUIMARÃES (2001)

Em vista disso, pode-se considerar que o controle cognitivo no nível SBB é aquele em que o operador faz, automaticamente, o monitoramento do processo e a resolução do problema sem dificuldade, devido à simplicidade da operação.

Quando o comportamento é interpretado ao nível KBB, o indivíduo não possui uma ação já definida para a resolução do problema, é importante o conhecimento das regras e procedimentos. Em situações onde ocorre uma anormalidade pouca rotineira, diversos questionamentos e indagações serão feitos:

- Que procedimentos devem ser tomados?
- Qual a primeira intervenção?
- Qual o motivo deste problema?
- Como se pode solucionar?

Estes três níveis podem ser agrupados em duas categorias:

- SBB, mais analítico na resolução do problema;
- RBB e KBB, os quais dizem respeito à percepção e à ação.

Para Guimarães (2001), nenhum nível deve ser superior ao outro mas, pela facilidade de entendimento mesmo que não seja a situação adequada, as pessoas tendem a operar nos níveis mais baixos de controle. Além disso, a interface deve ser desenvolvida com base em informação representada hierarquicamente nos três níveis de informação (respectivamente: SBB, RBB e KBB). Isto porque esta hierarquia explica atitudes diferentes de controle tomadas por um operador e um *expert* em algumas situações de emergência.

Corroborando, Pavard apud <sup>2</sup> Jarufe (1999) esclarece que toda a informação deve ser compatível com a estrutura da atividade cognitiva do sujeito e suas representações mentais, para que ele entenda e execute a tarefa. É muito comum, entre os operadores, diferente desempenho operacional em virtude dos estilos individuais de cada operador.

Para Niessen (2001), as diferentes simulações e/ou cenários de um controle de processo, contribuem na concepção de um modelo cognitivo coerente e único, mas não fornecem dados metodológicos, apenas informações genéricas, por exemplo, domínio das tarefas, percepção, conhecimento das ferramentas tecnológicas, treinamento, etc.

---

<sup>2</sup> PAVARD, B. Quel paradigme utiliser pour etudier les systems complexes?. In: Actes du 11ème. Congrès de l'Association Internationale d'Ergonomie, [S:n], 1991. Anais...Paris, 1991

Em outro estudo, Persson et al. (2001), estudaram diferentes tarefas de uma sala de controle para caracterizar as ações dos sujeitos de sua pesquisa, em passivos e ativos. Os sujeitos passivos executam tarefas monótonas e rotineiras, enquanto que, os sujeitos ativos executam tarefas de ação, planejamento, prevenção, melhorias, etc. Com isto, Persson et al. verificaram que, em situação de anormalidade no controle de um processo, os sujeitos passivos possuem maior dificuldade de equacionar os problemas se comparado com os sujeitos ativos (aqueles não estão acostumados com os imprevistos do sistema).

Para Coutaz apud <sup>3</sup> Ribeiro (1998), é interessante distinguir o estado efetivo (real) do estado percebido (mental). O primeiro baseia-se nas variáveis físicas, características do modo operativo. O segundo na forma cognitiva, características da representação mental do usuário.

Além disso, é importante analisar as diferentes tarefas executadas pelos usuários. Isto propicia ao projetista de telas gráficas, balancear as variáveis que devem compor o supervisório, evitando representações gráficas com baixa demanda, vazias, monótonas, poluídas e de difícil navegação pelos usuários. Existem técnicas corretas de fazer isto: “*Visual display quantitative information*”, por exemplo LEVACOV <sup>4</sup>.

No capítulo a seguir, utiliza-se a técnica do Desenho Comentado para identificação das necessidades dos usuários (variáveis gráficas que devem configurar uma tela operacional) de um sistema de controle de uma planta petroquímica, com o intuito de colaborar para a pesquisa na área do desenho de interfaces.

---

<sup>3</sup> COUTAZ, J. Interfaces hommes-ordinateurs: conception et réalisation. (first ed). Paris; Bordas, 1990.

<sup>4</sup> Consulta informal sobre design gráfico. Professora PhD do PPG-COM/UFRGS. Julho, 2003.

### 3. Estudo de Caso

Este capítulo apresenta uma visão geral da empresa e do objeto de estudo e a pesquisa desenvolvida.

#### 3.1 Perfil da Empresa

A OPP Química S. A. opera de forma integrada sob a coordenação da Odebrecht Química S. A., empresa controlada pela Odebrecht S. A. Estão presentes em todos os pólos petroquímicos do Brasil, produzindo resinas e especialidades poliolefinicas e PVC integrado com cloro-soda e EDC, atendendo as diversas empresas transformadoras, dentre as quais podem ser destacados os seguintes segmentos de mercado:

Aplicações têxteis: rafia sintética para sacos industriais e sacolas, fibras sintéticas e filamentos contínuos;

Adesivos: autocolante;

Extrusão: mangueiras, perfis e tubos rígidos;

Filmes: lonas, bobinas, embalagens diversas e sacaria industrial;

Fios e cabos: revestimentos em telefonia e rafia;

Laminação: com papel, alumínio e rafia;

Moldagem por injeção: tampas, potes e utilidades domésticas;

Moldagem por sopro: frascos para produtos alimentícios, cosméticos ou detergentes, garrafas, brinquedos e utilidades domésticas;

Placas expandidas: solados, peças de calçados e isolamento térmico;

Plastificação: com papelão, para embalagens de líquidos e aplicação gráficas;

Revestimento por extrusão: substratos diversos a baixa e média velocidades.

### 3.1.1 Objeto de estudo e aspectos organizacionais

A cadeia produtiva petroquímica caracteriza-se pela transformação de produtos gerados do petróleo (empresa da primeira geração), transformados por meio de reações físico-químicas em diferentes produtos (empresas da segunda geração) e utilizados nas empresas da terceira geração do segmento plástico que produzem produtos de bens de consumo.

O processo é do tipo contínuo, linha rígida, com geração de gargalos. Sendo que as inovações tecnológicas situam-se em projetos para o aumento da capacidade produtiva, reaproveitamento de insumos e instalação de terminais de computação (SDCD).

O objeto de estudo é um processo de produção contínuo da unidade operacional de ***Transporte Pneumático de Grânulos e/ou Esferas – PK 20801 – da Planta Industrial Bulk 1***, que se situa na OPP Química S.A., empresa da segunda geração da cadeia petroquímica, do Pólo Petroquímico do Sul, no município de Triunfo (RS), distante 30 km de Porto Alegre, capital do Estado do Rio Grande do Sul - Brasil.

O processo de Transporte Pneumático de Grânulos da planta Bulk-1, inicia quando o grânulo (esfera) seco é levado para a seção de aditivção. Os grânulos (esferas) que são produzidos na unidade de polimerização são transportados pneumaticamente por meio de equipamentos (compressores/acessórios) e nitrogênio (gás inerte) até os silos intermediários. Os grânulos transportados vão sendo depositados no silo selecionado até atingir a capacidade máxima de recebimento (cada silo comporta em torno de 250 toneladas de esferas). Por ser um sistema fechado, o gás retorna saindo pelo sistema de topo de cada silo, passando por filtros (que retêm finos e pó), e também por trocadores de calor (que resfria o gás para uma temperatura operacional). Finalmente, retornam na sucção do compressor reiniciando o processo de transporte.

Existe, durante este transporte, uma série de cuidados operacionais. Por exemplo, os compressores são equipados com refrigeração à água e um sistema de reciclo de nitrogênio controlado por uma válvula motorizada. Seu objetivo é evitar a formação de vácuo na sucção do compressor durante a partida, o que pode danificá-lo.

Com a mudança tecnológica, todo esse processo de transporte pneumático passa a ser controlado por um sistema supervisório (SDCD). Antes, o controle era analógico sendo o controle monitorado pelo operador através de um painel do tipo sinótico. Atualmente, a informação do processo de transporte pneumático chega a sala de controle, via tela operacional, na qual, o operador realiza a sua tarefa de supervisão através do sistema supervisório (SDCD). A sala de controle é separada cerca de 80 metros da unidade operacional Bulk1. Nessa sala de controle está localizado, o terminal e monitor de supervisão que permitem ao operador controlar as inúmeras informações operacionais. Por exemplo, o operador de painel detecta na tela do SDCD uma alteração no processo de temperatura do reator A (aumento de temperatura) e, antes que esse advento possa alcançar parâmetros indesejáveis, ele intervém no controle desta variável, acionando a válvula situada no painel de controle, aumentando a vazão de água de resfriamento e avisa ao operador da área, a fim de que ele verifique os equipamentos e instrumentos pertinentes ao processo de controle de temperatura do reator A. Na tarefa de intervenção no controle do processo há a necessidade de entender o funcionamento e realizar o controle, via tela gráfica. Há casos em que dois ou mais diferentes eventos ocorrem ao mesmo tempo no sistema.

Como o processo é contínuo, a OPP Química trabalha em turnos ininterruptos (24 horas) com revezamento, ou seja, os operadores trabalham em rodízio de turno (noite, manhã e tarde), estabelecidos em grupos e regidos por uma escala de revezamento. Neste caso, o trabalho em turnos está organizado em cinco grupos de trabalho (8 operadores) que cumprem uma carga horária de 8 horas em um ciclo de 35 dias.

Pelo fato de trabalharem em turno, os operadores estão sujeitos à mudança do ciclo circadiano e, por isso, sofrem de alguns problemas de adaptação. O ciclo circadiano influi no desempenho da pessoa e algumas pessoas têm mais facilidade em se adaptar ao turno do que outras. Há casos em que operações monótonas e repetitivas aumentam e induzem a erros mais frequentes, principalmente após a meia-noite (GUIMARÃES, 1998).

Além disso, outros fatores devem ser considerados, por exemplo, o trabalho em frente ao monitor do SDCD que poderá gerar, além de uma sobrecarga cognitiva, uma sobrecarga visual, afetando a capacidade de focalizar imagens, causando problemas nos

olhos. A capacidade de concentração diminui prejudicando o desempenho no trabalho. Esta perda visual poderá ocasionar um maior número de erros, especialmente em trabalhos noturnos (MELLO, 1992).

Segundo Rutenfranz (1989), as capacidades de memorização são baixas em sujeitos cansados e/ou com sono. “A obtenção de bom desempenho depende muito de a pessoa começar a trabalhar descansado. O cansaço não só impede o bom rendimento físico como também diminui a atenção e perturba sensivelmente a coordenação motora e ritmo mental”. O turno é entendido como uma organização de jornada de trabalho que difere consideravelmente da jornada de trabalho normal da média da população.

Portanto, além de conceber telas, o projetista deve procurar entender certas particularidades do ambiente. A organização do trabalho em turnos, a natureza do trabalho (complexo, ambiental), são fatores importantes devido às conseqüências psicossociais que interagem no processo saúde-doença e que poderão refletir no desempenho individual do operador. Quão maior o número de constrangimentos, mais difícil se torna o trabalho e, portanto, maior é o cuidado com o sistema homem-máquina.

Para conhecer a percepção quanto ao projeto de interface dos usuários do SDCD em estudo, utilizou-se o método do *Desenho Comentado* de Guimarães na pesquisa descrita a seguir.

## **3.2 Descrição do Método de Pesquisa**

A pesquisa pretende verificar se, para os sujeitos, a idéia de funcionamento difere da idéia de controle, e se as imagens mentais de funcionamento e controle diferem entre os grupos de sujeitos.

Guimarães (1993) analisou estas duas questões tendo em vista que, se há diferenças, é importante conhecê-las e verificar se há um modelo de representação adequado de interface que contemple o modo de funcionamento e controle da grande maioria dos usuários.

Dejours (1987) menciona a falta de conhecimento que domina as indústrias químicas sobre o funcionamento exato dos processos industriais e equipamentos, especialmente em situações emergenciais, e na impossibilidade de controlar todas as variáveis em questão.

Com base no método do Desenho Comentado, Guimarães (1993) notou que os engenheiros não esboçaram o controle do sistema da mesma forma como os operadores fizeram. A pesquisa mostrou que diferenças existem e que é possível identificá-las para posterior incorporação em projetos que atendam à maioria dos diferentes usuários.

Basicamente, no método do Desenho Comentado, os sujeitos (no caso, operadores e engenheiros) são filmados individualmente ao desenhar o sistema em foco (neste caso, o objeto de estudo é o transporte pneumático de grânulos – PK 20801 – Bulk 1) ao mesmo tempo em que verbalizam sobre o desenho informalmente e em voz alta.

A técnica consiste em utilizar uma câmara de vídeo, onde o sujeito é filmado desenhando o objeto de pesquisa e simultaneamente ele vai verbalizando sobre o desenho, ou seja, vai tecendo comentários em voz alta (...) a única referência na literatura sobre a aplicação de um método semelhante foi feita por Sperendio (1981) sobre um trabalho não publicado realizado em 1968 por C. Enard. O autor registrou em filme, imagem por imagem e à medida que iam sendo construídos, os desenhos efetuados por controladores de vôo sobre a carta de vôo como era na cabeça de cada um. A metodologia que emprega uma câmara de vídeo foi considerada um sucesso segundo Laus & Barber (1989), para análise em ergonomia cognitiva, pois assegura maior objetividade e recuperação de informações. (GUIMARÃES, 1993, p.26).

Os dados das tabelas 1, 2, 3 e 4 (seção 3.2.3) servirão para conhecer as menções prioritárias que devem configurar o supervisório. A análise descritiva e estatística permite analisar se há, ou não, diferenças entre os grupos. Portanto, com este método, pode-se projetar telas fundamentadas nas verbalizações dos sujeitos que compartilham os mesmos modos operacionais.

### 3.2.1 Sujeitos

Foram entrevistados e filmados oito operadores e cinco engenheiros de processo petroquímico, totalizando treze sujeitos. As verbalizações dos sujeitos sobre os modos de funcionamento e controle estão descritas no Anexo 1.

O número reduzido de sujeitos retrata a dificuldade na realização desse estudo, pois muitos sujeitos não puderam participar do estudo por motivos particulares.

Todos os sujeitos eram do sexo masculino, com idade média de 31 anos (23 anos no mínimo e 39 anos no máximo), com tempo médio de serviço de 5 anos (1 ano no mínimo e 10 anos no máximo).

A figura 4 mostra a caracterização dos sujeitos da pesquisa. Os sujeitos conhecem o funcionamento e o controle do objeto de estudo (Sistema de Transporte Pneumático de Grânulos), mas não são especialistas na configuração de um SDCD. Eles foram agrupados e identificados da seguinte maneira:

OP = operadores de processo (oito operadores). Sujeitos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

EP = engenheiros de processo (cinco engenheiros). Sujeitos: 9, 10, 11, 12 e 13.

Sujeito	Idade	Tempo de Serviço (anos)	Escolaridade	Função
1	31	8	2º semestre Eng. Industrial	OP
2	25	4	8º semestre Eng. Química	OP
3	39	10	Técnico em Administração	OP
4	35	4	Técnico Químico	OP
5	32	3	Técnico Eletrotécnico	OP
6	31	3	Técnico Químico	OP
7	23	2	2º semestre Eng. Mecânica	OP
8	30	1	4º semestre Eng. Mecânica	OP
9	28	3	Engenheiro Químico - <i>expert</i>	EP
10	29	4	Engenheiro Químico - <i>expert</i>	EP
11	39	10	Engenheiro Químico - <i>expert</i>	EP
12	29	7	Engenheiro Químico - <i>expert</i>	EP
13	35	8	Engenheiro Mecânico - <i>expert</i>	EP

**Figura 4:** Características dos Sujeitos da Pesquisa

A caracterização dos sujeitos serviu como entrada de dados para o teste estatístico. A idiosincrasia dos sujeitos, subjetividade, fatores ambientais, fisiológicos não foram abordadas no presente estudo, mas merecem ser revistos em caso de continuidade futura desse trabalho.

### **3.2.2 Procedimento para Entrevista**

Seguindo o método proposto por Guimarães (1993), todos os sujeitos foram informados sobre o objetivo da pesquisa e se prontificaram, espontaneamente, em contribuir sem qualquer impedimento ou constrangimento. Todos os sujeitos são voluntários e não foram pagos pela participação na pesquisa. É importante realçar que o voluntariado pode segregar e afetar o resultado da pesquisa, pois o voluntariado possibilita deixar usuários importantes de fora da pesquisa. No entanto, o presente trabalho teve total apoio da gerência de Automação e apoio parcial da gerência Industrial devido à possibilidade de expor externamente informações técnicas que são pertinentes ao âmbito interno da empresa.

Em função da conveniência dos participantes, os sujeitos 1, 2 e 9 foram entrevistados e filmados no prédio da Escola de Engenharia da UFRGS. Os demais sujeitos (3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12 e 13) foram entrevistados e filmados no local de trabalho na OPP Química S.A.

Deve-se realçar que as entrevistas realizadas no ambiente da empresa, exceção dos sujeitos engenheiros, foram realizadas à noite. Segundo os operadores, à noite o ambiente de trabalho é mais calmo, visto que, durante o dia, há muitos serviços programados, tais como: liberação de equipamentos para a manutenção, amostras extras do produto para testes laboratoriais, etc. Mesmo assim, transcorreram 20 meses entre a primeira e a última entrevista, pois muitas vezes foram abortadas devido à necessidade presencial do entrevistado na sua unidade operacional.

Antes de iniciar a filmagem foram explicados o objetivo e o procedimento da entrevista, a fim de esclarecer quaisquer dúvidas que poderiam surgir com o entrevistado.

Os sujeitos foram esclarecidos quanto à técnica do Desenho Comentado. Isto é, da importância de verbalizar em raciocínio enquanto fossem desenhando o sistema, sendo esta atividade filmada em VT, conforme a proposta de Guimarães (1993).

Foi solicitado que cada sujeito fizesse dois desenhos comentados (um desenho de funcionamento e outro de controle do sistema objeto em estudo), e que respondessem a duas perguntas referentes ao desenho.

Para gerar o desenho de funcionamento, foi feita a seguinte pergunta:

Como é o funcionamento de operação do Sistema Pneumático de Transportes de Grânulos da planta BULK1?

Para gerar o desenho de controle foi feita a seguinte pergunta:

Como deve ser a tela de controle do sistema?

Nesta etapa, observou-se que os sujeitos engenheiros 10, 11 e 13 utilizaram os desenhos de funcionamento como base para se expressarem sobre o modo de controle.

Depois de encerrada a sessão de desenhos, foi feita as seguintes perguntas:

É importante que a tela lembre a área real? (Figura 25).

Você prefere uma tela com mais informações e não precisar navegar (ir de uma tela para outra), ou você prefere poucas informações em uma tela e navegar para outras? (Figura 28).

Estas perguntas, além dos desenhos comentados, irão balizar o leiaute da tela operacional. Não se levou em conta a estética do desenho. O desenho foi feito em uma folha de papel branco A3 e caneta do tipo pincel atômico (azul ou preta). Na parte posterior do desenho, foi feito o registro do entrevistado (nome, função, tempo de empresa e idade). O tempo médio das 13 das filmagens foi de 30 minutos.

### **3.2.3 Dados para Análises**

As bases para a análise dos dados foram às fitas de vídeo que documentaram os depoimentos dos sujeitos participantes. Conforme o sujeito verbalizava sobre o desenho de funcionamento e/ou controle, anotava-se o nome da menção, ordem da menção e a

quantidade de vezes que foi mencionada em ordem crescente. Para formar o banco de dados de cada sujeito, as filmagens de funcionamento e controle foram analisadas três vezes cada uma. A partir daí foi possível quantificar e priorizar as variáveis significativas.

Para verificar a quantidade de vezes e a ordem de prioridade de cada sujeito, foram construídas tabelas com as verbalizações dos sujeitos quanto ao funcionamento e controle do sistema em estudo. Por exemplo: o sujeito 2 (dois) da tabela 1 mencionou a variável COMPRESSOR na terceira e sétima verbalizações. As informações desenhadas e mencionadas pelos sujeitos foram analisadas, tendo-se computado o número de vezes em que cada elemento gráfico ou verbal foi referenciado (GUIMARÃES, 1993).

Pode-se notar, por exemplo, que a tabela 1 mostra as menções verbalizadas pelos sujeitos operadores ao modo de funcionamento do sistema, o COMPRESSOR foi mencionado 19 vezes.

**Tabela 1:** Variáveis de Funcionamento dos Sujeitos Operadores

<i>Menção</i>	<i>Sujeito 1</i>	<i>Sujeito 2</i>	<i>Sujeito 3</i>	<i>Sujeito 4</i>	<i>Sujeito 5</i>	<i>Sujeito 6</i>	<i>Sujeito 7</i>	<i>Sujeito 8</i>	<i>Total</i>
Nitrogênio	1,9,12,16,20	2,8,12,14	2,3	2,4,6,14	4,7	11	5	6	<b>20</b>
D-20502	2					1	1	1	<b>4</b>
2 vasos	3	1	8	8	1	2	2,3	2	<b>9</b>
3 silos	6,7,8,25	10,11,13	10,11	10,12,13	6,10	13	6	5	<b>17</b>
Trocador	11,18	5	5	16	13	5,7			<b>8</b>
Filtro	13,19	6	6	17,18	14	4,8		8	<b>10</b>
Compressor	14,17,21,23	3,7	1,4,13,14	1,5,15,19	3,12	6		7,9	<b>19</b>
Reposição de nitrogênio	22			3		10			<b>3</b>
Válvula motorizada	24					9			<b>2</b>
Pressão	26								<b>1</b>
Linha de transporte	5,15	4,9	7	7,9	5	12	4	4	<b>11</b>
Rotativa	4		9		2	3		3	<b>5</b>
Filtro silo	10			11	9,11				<b>4</b>
Diversora			12		8				<b>2</b>
<b>Total de verbalização</b>	<b>26</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>19</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>115</b>

Foram mencionadas 14 variáveis que devem compor a imagem mental de funcionamento do sistema de transporte pneumático dos sujeitos operadores. As variáveis nitrogênio (20 vezes), compressor (19 vezes) e três silos (17 vezes) foram as mais mencionados entre os sujeitos operadores, sendo que nitrogênio, três silos e linha de transporte foram mencionadas por todos os operadores. As variáveis menos

mencionadas foram: pressão (1 vez), diversora (2 vezes), válvula motorizada (2 vezes) e reposição de nitrogênio (3 vezes).

O sujeito operador 1 foi o que mais verbalizou (com 26 verbalizações) seguido pelo sujeito operador 4 (que verbalizou 19 vezes). O sujeito operador 7 foi o que menos verbalizou (6 vezes) seguido pelo sujeito operador 8 (que verbalizou 9 vezes). O operador 1 tem 8 anos na função e o operador 7 e 8 têm, respectivamente, 2 e 1 ano na função.

A tabela 2 mostra as menções verbalizadas pelos sujeitos operadores quanto ao modo de controle do sistema.

**Tabela 2:** Variáveis de Controle dos Sujeitos Operadores

<i>Menção</i>	<i>Sujeito 1</i>	<i>Sujeito 2</i>	<i>Sujeito 3</i>	<i>Sujeito 4</i>	<i>Sujeito 5</i>	<i>Sujeito 6</i>	<i>Sujeito 7</i>	<i>Sujeito 8</i>	<i>Total</i>
D-20502	1	2						1	3
2 vasos	2	1		3	1			2	5
Rotativa	3	3	8		4	2	8	3	7
Linha de transporte	4	5		5	2				4
3 silos	5	12		2	3			4	5
Nitrogênio	6			4				5	3
Filtro silo	7	13							2
Trocador	9,11	11	10		7			7,9	7
Compressor	10,12	7	5	1,6	5,6	3	1	8	11
Pressão compressor	13	8	7	9	10		2		6
Injeção nitrogênio	14						4		2
Válvula motorizada	15								1
Nível silo	16	15	1,13	11					5
Pressão silo	17	16		12			6,9		5
Temperatura nitrogênio	18		2						2
Vazão	19		3						2
Pressão linha transporte	20	17	4	8					4
Status	21	4,18	6,9			1	3		7
Diversora		6,14		7		4			4
Pressão filtro		9	12		11		6		4
Temperatura compressor		10		10			5,7		4
Peso			14						1
Temperatura silo				13					1
HS					9				1
Filtro	8		11		8			6,10	5
Dinamização		19	15						2
Barghaf			16						1
Alarmes						5			1
<b>Total de verbalização</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>105</b>

Foram mencionadas, pelos sujeitos operadores, 28 variáveis de controle totalizando 105 verbalizações. A variável compressor foi a mais mencionada (11 vezes) seguida pela

variável compressor, rotativa, trocador e status (todas 7 vezes). As variáveis válvula motorizada, peso, temperatura silo, HS, barghaf e alarme foram mencionadas uma vez.

O sujeito operador 1 foi o que mais verbalizou (21 vezes) seguido pelo sujeito operador 2 (19 vezes). O sujeito operador 6 foi o que menos verbalizou (5 vezes).

A tabela 3 mostra as menções verbalizadas pelos sujeitos engenheiros quanto ao modo de funcionamento do sistema.

**Tabela 3:** Variáveis de Funcionamento dos Sujeitos Engenheiros

<i>Menção</i>	<i>Sujeito 9</i>	<i>Sujeito 10</i>	<i>Sujeito 11</i>	<i>Sujeito 12</i>	<i>Sujeito 13</i>	<i>Total</i>
Nitrogênio	10,17,2,33,35	2,17,19,24,28,48,50	4,10,11,14,19,20,28	8,12,15,18,23	2,12,24,27	<b>28</b>
D-20502		33,34	1	1		<b>4</b>
2 vasos	24,25	35	2	3	5,13,20	<b>8</b>
3 silos	30,32	1,3,5,16,38,45,64	6,7,9,12	2,9,14,17,21	4,8,9,17,22	<b>23</b>
Trocador	9,16	9,10,22,26,27,53	16,18,23	22,24	25	<b>14</b>
Filtro	2,14,19	11,12,21,29,30,43,52	15,25,27	7,20	16	<b>16</b>
Compressor	1,3,8,11,15,18,	7,8,13,23,25,31,37,	17,24	19,21,25	1,10,11,23	<b>33</b>
Reposição de nitrogênio	20 21 34 39 47 43	42 51 53 55 58 60 54		27	26	<b>4</b>
Pressão	4,6,12,22,36,41,44					<b>7</b>
Linha de transporte	27,28	6,15,32,41,44	5	6,26	3,7,15,21	<b>14</b>
Rotativa	26	36	22	4,5	6,14	<b>7</b>
Filtro silo		4,14,18,20,49,62	13	11,13,16		<b>10</b>
Temperatura compressor	5,7,13,37	59				<b>5</b>
Diversora	31,38	39,40,46	8	10	19	<b>8</b>
Ejetor	27		3,24			<b>3</b>
Pressão baixa compressor		56				<b>1</b>
Pressão alta compressor		57				<b>1</b>
Diferencial filtro		61				<b>1</b>
Pressão silo		63				<b>1</b>
Nível silo			21		18	<b>2</b>
Misturador			26			<b>1</b>
Temperatura alta		59				<b>1</b>
Reciclo nitrogênio	40					<b>1</b>
<b>Total de verbalização</b>	<b>45</b>	<b>64</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>27</b>	<b>193</b>

Foram mencionadas 23 variáveis que devem compor a imagem mental de funcionamento do sistema de transporte pneumático dos sujeitos engenheiros. As variáveis compressor (33 vezes), nitrogênio (28 vezes) e três silos (23 vezes) foram as mais mencionados entre os sujeitos engenheiros. Nitrogênio, três silos, linha de transporte, 2 vasos, trocador, filtro, compressor, rotativa e diversora foram mencionadas por todos os engenheiros. As variáveis menos mencionadas foram: pressão baixa, pressão alta, diferencial, pressão silo, misturador, temperatura alta e reciclo (1 vez).

O sujeito engenheiro 10 foi o que mais verbalizou (com 64 verbalizações) seguido pelo sujeito engenheiro 9 (que verbalizou 45 vezes). O sujeito engenheiro 13 foi o que menos verbalizou (27 vezes) seguido pelo sujeito engenheiro 12 (que verbalizou 28 vezes) e sujeito engenheiro 11 (29 vezes).

A tabela 4 mostra as menções do desenho de controle dos sujeitos engenheiros.

**Tabela 4:** Variáveis de Controle dos Sujeitos Engenheiros

<i>Menção</i>	<i>Sujeito 9</i>	<i>Sujeito 10</i>	<i>Sujeito 11</i>	<i>Sujeito 12</i>	<i>Sujeito 13</i>	<i>Total</i>
2 vasos	10,12			1		2
3 silos	20			3		2
Nitrogênio	8,26			6		3
Trocador	5,15,27,28					4
Compressor	17,18,19,24,30,31			7		7
Válvula motorizada	16					1
Nível silo	22		5	18,19		4
Pressão silo	23	6,9		9		4
Vazão	29		12			2
Status	32		6			2
Diversora	7,11,21,25,37	2		4	5	8
Temperatura compressor	1,3,4,35	5				5
HS	24,33,36					3
Cor	25		16,17,18	5	7	6
Nível baixo silo			1		2	2
Peso			2			1
Nível alto silo			3		1	2
Válvula de controle		1				1
Reciclo		3				1
Pressão diferencial filtros		4		13,15	3	4
Pressão		7,8				2
Velocidade rotativa			4,13			2
Status rotativa			14	17	4	3
Temperatura			8,10			2
Alarmes			9	14		2
Barghaf			15			1
Rotativa				2		1
Filtro	6			8		2
Pressão compressor	2,9,13,14,34			10,11,12		8
Status compressor				16		1
Dinamização					6	1
Pressão linha			7,11			2
<b>Total de verbalização</b>	<b>38</b>	<b>9</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>91</b>

Foram mencionadas, pelos sujeitos engenheiros, 32 variáveis de controle operacional totalizando 91 verbalizações. A variável diversora foi a mais mencionada com 8 vezes, seguida pela variável compressor (7 vezes) e cor (6 vezes). Já as variáveis válvula

mencionadas uma vez. O sujeito engenheiro 9 foi o que mais verbalizou (38 vezes) seguido pelo sujeito engenheiro 12 (19 vezes). O sujeito engenheiro 13 foi o que menos verbalizou (7 vezes).

No entanto, para conhecer a ordem de prioridade das menções foram construídas tabelas que seguem a estatística proposta no Design Macroergonômico de Fogliatto e Guimarães (1999). São calculadas as prioridades dos itens de demanda ergonômica, ou seja, a ordem de menção de cada item é utilizada como peso de importância pelo recíproco da respectiva posição - ao item mencionado na  $p^{\text{ésima}}$  posição é atribuído o peso  $1/p$ . Dessa forma, o primeiro fator mencionado receberá o peso  $1/1 = 1$ ; o segundo,  $1/2 = 0,5$ ; o terceiro,  $1/3 = 0,33$ , e assim por diante. A tendência do uso da função recíproca é de valorizar os primeiros itens mencionados, sendo que, a partir do quarto item, a diferença passa a ser menos expressiva. A soma dos pesos relativos a cada item dará origem ao *ranking* de importância dos itens. Tomando o exemplo acima, os fatores mencionados receberão os pesos de  $1/3 + 1/7 = 0,476$ . Na seqüência, colunas com o somatório e ordenação das menções. As tabelas 6, 7, 8 e 9 da seção 4, mostram os resultados e discussão da ordenação das variáveis prioritárias pelos sujeitos.

Neste sentido, já tendo as variáveis prioritárias que devem compor a representação gráfica de um sistema supervisorio, procura-se verificar, estatisticamente, se existem, ou não, diferenças entre os usuários e, a partir daí, analisar estas diferenças (se existirem), propondo opções de telas que contemple a maioria dos usuários do sistema.

### 3.3 Teste Estatístico - SPSS

A técnica estatística utilizada para análise dos dados foi a de Análise de Aglomerados, método *between - groups linkage* (intervalo por distância euclidiana), do tipo *hierárquico*, gerando um banco de dados, e finalizando com a composição de grupos de usuários que compartilham, ou não, do mesmo modelo operacional. Devido ao fato de haver apenas 13 sujeitos, não foi possível utilizar o método *K-Means*, que necessita mais de 100 casos para apresentar bons resultados. Análise de Aglomerados é o nome

dado para um conjunto de técnicas de análise multivariadas que identifica grupos de objetos formados por características similares (RIBEIRO 1999).

Desta maneira, pode-se verificar, entre os grupos, sujeitos que possuem similaridade entre si (neste caso, o mesmo modo funcional ou de controle de um sistema supervisorio) dentro do grupo (intra grupo) e diferenças externas (entre grupos).

O objetivo básico da Análise de Aglomerados é a organização de um conjunto de objetos em dois ou mais grupos. Essa organização é feita com base na similaridade existente entre os objetos, avaliada em função de um conjunto de variáveis que caracteriza cada objeto.

O conceito de similaridade é fundamental na análise de aglomerados. A similaridade entre objetos é uma medida da correspondência ou afinidade entre os objetos a serem agrupados. Primeiro se especificam as características que definem similaridade; então, os valores dessas características são combinados para gerar uma medida de similaridade. Dessa forma, qualquer objeto pode ser comparado com todos os outros, e os aglomerados podem ser estabelecidos. Neste estudo, a análise de aglomerados irá correlacionar dois bancos de dados: um com as características de cada sujeito (tipo de sujeito, idade, escolaridade e tempo de função), e o outro com as variáveis prioritárias dos sujeitos. É importante lembrar que os dados do Desenho Comentado serviram para esta proposta. O teste possibilitará conhecer se os grupos de sujeitos diferem, ou não, com relação as variáveis que devam formar a interface gráfica. Segundo Ribeiro (1999), o ideal é a formação de grupos altamente homogêneos internamente (dentro do grupo) e altamente heterogêneos externamente (entre grupos). Os bancos de dados foram elaborados em *Software Microsoft Excel* para *Windows 95*, versão 7.0. Os bancos foram repassados para o *software* estatístico, no caso SPSS para *Windows* versão 6.1.3, onde os dados foram rodados.

### 3.3.1 Dados para Rodar o SPSS

Como já mencionado, as tabelas 1 e 3 do desenho de funcionamento, e as tabelas 2 e 4 do desenho de controle serviram como entrada *no software* SPSS. Além disso, foi necessário categorizar as características dos sujeitos quanto a tipo de função, idade, escolaridade, tempo de função (tabela 5).

**Tabela 5:** Características dos Sujeitos para o SPSS

Sujeito	Função	Idade	Escolaridade	Tempo
1	1	2	2	3
2	1	1	2	2
3	1	3	3	3
4	1	3	3	2
5	1	3	3	1
6	1	2	3	1
7	1	1	2	1
8	1	2	2	1
9	0	1	1	1
10	0	2	1	2
11	0	3	2	3
12	0	2	1	3
13	0	3	1	3

A figura 5 mostra o significado de cada característica do sujeito, codificada para rodar o SPSS.

		0	1	2	3
<b>FUNÇÃO</b>	operador		X		
	engenheiro	X			
<b>IDADE</b>	23 a 29		X		
	30 a 34			X	
	35 a 40				X
<b>ESCOLARIDADE</b>	3 grau		X		
	superior incompleto			X	
<b>TEMPO DE FUNÇÃO</b>	técnico				X
	0 a 3 anos		X		
	4 a 6 anos			X	
	7 ou mais anos				X

**Figura 5:** Codificação das Características dos Sujeitos

Com estes dados, iniciou-se o procedimento de análise das variáveis dos sujeitos, com base na Análise de Aglomerados, utilizando o *software* SPSS.

Desejava-se elaborar uma classificação geral das menções por ordem de importância, independente da quantidade das menções que cada sujeito verbalizou. Para não descaracterizar a ordem de prioridade, foi aplicada uma progressão aritmética a fim de normalizar todas as menções, ou seja, garantir que os dados não sofressem interferência na ordem de prioridade (a não-menção, caracterizada como zero não poderia ser priorizada; além disso, a não-menção tem peso diferente com relação à quantidade verbalizada). Por exemplo, a não-menção de um sujeito que verbalizou cinco variáveis deveria ter peso distinto com relação à não-menção de um sujeito que fez 17 verbalizações. Para equalizar todas as menções e não-menções de todos os sujeitos, foi necessário normalizar estes dados. Este procedimento tornou-se necessário para que fosse possível aplicar testes estatísticos que verificassem se havia diferenças nas médias das menções conforme as características dos sujeitos. A técnica de normalização utilizou a fórmula do somatório de uma progressão aritmética, sugerida pelo professor PhD João Luiz Becker <sup>1</sup>, da Escola de Administração da UFRGS. Desta forma, pôde-se garantir o mesmo peso para cada menção e, a partir desta normalização, aplicar as técnicas estatísticas pretendidas.

Sendo a fórmula da soma de uma progressão aritmética:

$$S_n = \frac{(a_1 + a_n) * n}{2} = 253$$

Então,

para funcionamento:

maior número de verbalizações, contando todos os sujeitos = 22

todos os sujeitos devem apresentar a mesma soma, portanto, toma-se a maior verbalização de cada sujeito (máx), e substitui-se na fórmula abaixo:

---

<sup>1</sup> Técnica de normalização através do somatório de uma progressão geométrica. Porto Alegre, UFRGS, Escola de Administração, 2001.

$$\frac{máx + 1 + 22}{2}$$

a partir daí, tem-se o valor das não-menções para cada sujeito.

Por exemplo, as não-menções do sujeito que fez 5 verbalizações vale 14, enquanto que as não-menções do sujeito que fez 18 verbalizações vale 20,5. Desta forma, está garantida a normalização de todas as menções e não-menções para todo o conjunto de sujeitos, para o modo de funcionamento.

para controle:

maior número de verbalizações, contando todos os sujeitos = 37

$$\frac{(1 + 37) * 37}{2} = 703$$

todos os sujeitos devem apresentar a mesma soma, portanto, toma-se a maior verbalização de cada sujeito (máx), e substitui-se na fórmula abaixo:

$$\frac{máx + 1 + 37}{2}$$

a partir daí, tem-se o valor das não-menções para cada sujeito.

Por exemplo, as não-menções do sujeito que fez 5 verbalizações vale 21,5, enquanto que as não-menções do sujeito que fez 19 verbalizações vale 28,5. E, portanto, garantida a normalização de todas as menções e não-menções para todo o conjunto de sujeitos, para o modo de controle.

Desta forma, todos os dados gerados para utilização no SPSS permanecem com a mesma ordem de prioridade, conforme análise realizada nas verbalizações de cada sujeito da pesquisa.

Após normalização de todas as menções, foi possível elaborar a classificação por ordem de importância, tanto das menções de funcionamento, como de controle.

## 4. Resultados e Discussão

As tabelas originadas pelo método do **Desenho Comentado** foram analisadas descritiva e estatisticamente usando o pacote estatístico SPSS – técnica de Análise de Aglomerados. Para verificar se existem, ou não, diferenças de opiniões entre os sujeitos da pesquisa quanto ao que deveria compor a interface de um sistema supervisor da unidade de transporte pneumático da Bulk 1, os sujeitos tiveram que responder, por meio de verbalização e desenho, às seguintes perguntas: como é o funcionamento do sistema em foco? E como deve ser a tela de controle?. Se houver diferença, a idéia é analisar e identificar um modelo de representação gráfica que permita aos diferentes tipos de usuários um entendimento comum do sistema.

As seções, a seguir, apresentam os resultados obtidos pelas duas análises.

### 4.1 Avaliação Descritiva e Quantitativa das Diferenças Operacionais entre os Sujeitos

Antes de aplicar o teste estatístico, verificou-se, por meio de análise descritiva (qualitativa e comparativa), os resultados das verbalizações dos sujeitos. Para isso, utilizou-se a análise de comportamentos verbais espontâneos e informais, no qual os usuários desenhavam e falavam em voz alta quando eram filmados, conforme a técnica do Desenho Comentado. Os resultados estão discriminados nas tabelas 6, 7, 8 e 9. A fim de balizar a presente discussão, estabeleceu-se que: as variáveis de **funcionamento** referem-se àquelas que irão constituir a base física do leiaute (equipamentos), tais como: ejetor, 2 vasos, compressor, D-20502, 3 silo, linha de transporte, rotativa, filtro, trocador, reposição de N2, filtro silo, diversora, reciclo e misturador. No entanto, as variáveis de **controle** complementam com informações operacionais, tais como: pressão diferencial, pressão alta, pressão baixa, nível baixo de silo, válvula de controle, nível silo, pressão compressor, nitrogênio, nível alto silo, pressão silo, temperatura N2, temperatura compressor, pressão linha, pressão filtro, vazão e temperatura silo. No entanto, algumas variáveis comentadas pelos sujeitos assumem a função de **segurança** do sistema, tais como: cor, status rotativa, velocidade rotativa, status compressor, alarmes, dinamização, peso e barghaf. A variável reciclo é a mesma que válvula

motorizada e a variável status foi desconsiderada tendo em vista que não informa a que status se referia.

A figura 6 distingue as variáveis de funcionamento, controle e segurança comentados pelos sujeitos operadores e engenheiros.

<i>Item</i>	<i>Variáveis de Funcionamento</i>	<i>Variáveis de Controle</i>	<i>Variáveis de Segurança</i>
1	ejetor	pressão alta	cor
2	2 vasos	pressão baixa	status rotativa
3	Compressor	nível baixo silo	velocidade rotativa
4	D-20502	válvula de controle	status compressor
5	3 silos	Nível silo	Alarmes
6	Linha de transporte	Pressão compressor	Dinamização
7	Rotativa	Nitrogênio	HS
8	Filtro	nível alto silo	Peso
9	Trocador	Pressão silo	Barghaf
10	Reposição de N2	Temperatura N2	Pressão diferencial
11	Filtro silo	Temperatura	
12	Diversora	Pressão linha	
13	Reciclo = vál. motorizada	Pressão filtro	
14	misturador	Vazão	
15		Temperatura silo	
16		Temperatura silo	

**Figura 6:** Distinção entre Variáveis de Funcionamento, Controle e Segurança Verbalizadas pelos Sujeitos Operadores e Engenheiros

#### 4.1.1 Análise Descritiva das Respostas dos Sujeitos Operadores

Para os sujeitos operadores, todas as 14 variáveis do modo de funcionamento do sistema, priorizadas conforme a técnica do Design Macroergonômico (Fogliatto e Guimarães, 1999), discriminadas na tabela 6 e figura 7, também compõem o modo de controle do sistema, discriminadas na tabela 7 e figura 7. A diferença está na prioridade que as variáveis assumem em cada modo e na quantidade a mais de variáveis de controle e de segurança, mencionadas pelos operadores no modo de controle.

**Tabela 6:** Prioridade das Variáveis de Funcionamento dos Operadores Conforme Peso de Importância pelo Recíproco da Respectiva Posição

Menção	Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3	Sujeito 4	Sujeito 5	Sujeito 6	Sujeito 7	Sujeito 8	Somatório	Ordem
Nitrogênio	1.306	0.779	0.833	0.987	0.393	0.091	0.200	0.166	4.755	1
2 vasos	0.333	1	0.125	0.125	1	0.500	0.833	0.500	4.416	2
Compressor	0.221	0.476	1.398	1.319	0.416	0.166		0.254	4.250	3
Vaso 20502	0.5					1	1	1	3.50	4
3 silos	0.474	0.268	0.191	0.260	0.266	0.077	0.166	0.200	3.159	5
Linha de transporte	0.266	0.361	0.143	0.254	0.020	0.083	0.250	0.250	1.807	6
Rotativa	0.250		0.111		0.500	0.333		0.333	1.527	7
Filtro	0.130	0.166	0.166	0.114	0.071	0.375		0.0125	1.147	8
Trocador	0.146	0.200	0.200	0.062	0.077	0.343			1.028	9
Reposição de nitrogênio	0.045			0.333		0.100			0.478	10
Filtro silo	0.100			0.091	0.202				0.393	11
Diversora			0.083		0.125				0.206	12
Reciclo motorizado	0.042					0.111			0.153	13
Press	0.038								0.038	14

**Tabela 7:** Prioridade das Variáveis de Controle dos Operadores Conforme Peso de Importância pelo Recíproco da Respectiva Posição

Menção	Sujeito 1	Sujeito 2	Sujeito 3	Sujeito 4	Sujeito 5	Sujeito 6	Sujeito 7	Sujeito 8	Somatório	Ordem
Compressor	0.183	0.143	0.20	1.166	0.366	0.333	1	0.125	3.519	1
2 vasos	0.5	1		0.333	1			0.5	3.333	2
Vaso 20502	1	0.5						1	2.500	3
Status	0.048	0.305	0.277			1	0.333		2.063	4
Rotativa	0.333	0.333	0.125		0.25	0.5	0.125	0.333	1.999	5
3 silos	0.20	0.083		0.5	0.333			0.250	1.366	6
Nível silos	0.062	0.066	1.072	0.091					1.291	7
Linha de transporte	0.25	0.20		0.20	0.5				1.115	8
Pressão compressor	0.077	0.125	0.143	0.111	0.10		0.5		1.056	9
Trocador	0.202	0.091	0.10		0.143			0.267	0,803	10
Nitrogênio	0.166			0.25				0.200	0.616	11
Diversora		0.221		0.143		0.25			0.614	12
Filtro	0.125		0.091		0.125			0.266	0607	13
Pressão silo	0.059	0.062		0.083			0.277		0.581	14
Temperatura nitrogênio	0.055		0.5						0.555	15
Temperatura compressor		0,10		0,10			0,333		0,543	16
Pressão linha transporte	0.05	0.059	0.25	0.125					0.484	17
Pressão filtro		0.111	0.083		0.091		0.166		0.386	18
Vazão	0.053		0.3330						0,386	19
Injeção nitrogênio	0.071						0.25		0.321	20
Filtro silo	0.143	0.072							0.215	21
Alarmes						0.200			0.200	22
Dinamização		0.053	0.066						0.119	23
HS					0.111				0.111	24
Temperatura silo				0.077					0.077	25
Peso			0.071						0.071	26
Válvula motorizada	0.066								0.066	27
Barghaf			0.062						0.062	28

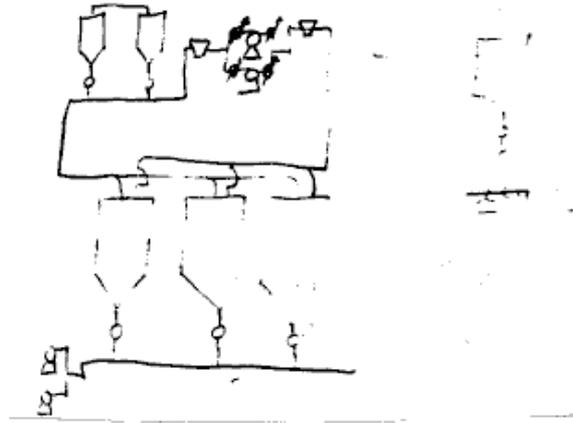
Por exemplo, o somatório da variável NITROGÊNIO do modo de funcionamento é primeiro na ordem de prioridade de funcionamento, enquanto é o décimo-primeiro na ordem de prioridade de controle. Além disso, a quantidade de variáveis verbalizadas no modo de controle (27 variáveis sendo 12 de funcionamento, 10 de controle e 5 de segurança) é maior do que no modo de funcionamento (14 variáveis sendo 12 de funcionamento e 2 de controle).

A figura 7 mostra, em negrito, as variáveis comuns e relevantes dos modos de funcionamento e controle dos sujeitos operadores. Nota-se que todas as 14 variáveis de funcionamento estão contidas no modo de controle, o que evidencia que os sujeitos operadores não discretizam as variáveis entre os modos operacionais. A variável pressão no modo de funcionamento generaliza as demais pressões específicas do modo de controle.

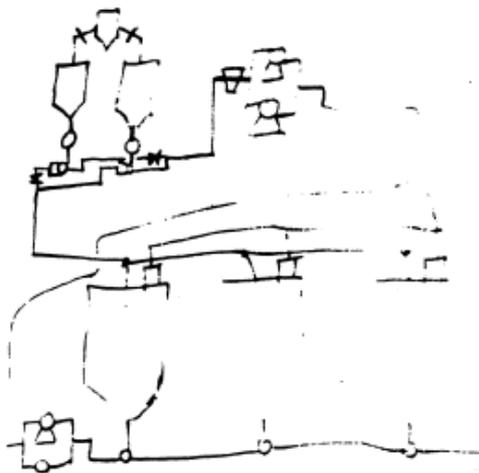
<i>Prioridade</i>	<i>Modo de Funcionamento</i>	<i>Variáveis</i>	<i>Modo de Controle</i>	<i>Variáveis</i>
1	<b>Nitrogênio</b>	C	<b>Compressor</b>	F
2	<b>2 vasos</b>	F	<b>2 vasos</b>	F
3	<b>Compressor</b>	F	<b>D-20502</b>	F
4	<b>D-20502</b>	F	<b>Rotativa</b>	F
5	<b>3 silos</b>	F	<b>3 silos</b>	F
6	<b>Linha de transporte</b>	F	Nível silo	C
7	<b>Rotativa</b>	F	<b>Linha de</b>	F
8	<b>Filtro</b>	F	Pressão compressor	C
9	<b>Trocador</b>	F	<b>Trocador</b>	F
10	<b>Reposição de N2</b>	F	<b>Nitrogênio</b>	C
11	<b>Filtro silo</b>	F	<b>Diversora</b>	F
12	<b>Diversora</b>	F	<b>Filtro</b>	F
13	<b>Reciclo</b>	F	Pressão silo	C
14	<b>Pressão</b>	C	Temperatura N2	C
15			Temperatura	C
16			Pressão linha	C
17			Pressão filtro	C
18			Vazão	C
19			<b>Reposição N2</b>	F
20			<b>Filtro silo</b>	F
21			Alarmes	S
22			Dinamização	S
23			HS	S
24			Temperatura silo	C
25			Peso	S
26			Válvula motorizada	F
27			Barghaf	S

**Figura 7:** Em Negrito, as Variáveis Comuns dos Modos de Funcionamento e Controle dos Sujeitos Operadores

Esta evidência também pode ser percebida nos desenhos característicos de funcionamento e controle dos operadores. A figura 8 mostra um modelo do desenho de funcionamento do sistema de transporte pneumático da Bulk 1 e a figura 9 mostra um modelo de controle do mesmo sistema. Observa-se que os desenhos não apresentam diferenças quanto à forma e composição das variáveis: pelo contrário, são muito semelhantes.



**Figura 8:** Desenho Característico de Funcionamento dos Sujeitos Operadores



**Figura 9:** Desenho Característico de Controle dos Sujeitos Operadores

Segundo Jarufe (1999), muitos operadores inicialmente não conseguem elaborar uma representação mental adequada do funcionamento do sistema para resolver um problema mas, na medida em que o operador se inteira do problema, ele vai recuperando informações de controle, percebidas ou inferidas, estruturando um plano de

ação. Com base nesta proposta e nos dados obtidos neste estudo de caso, pode-se considerar que o que ocorre em uma situação de controle é uma forma de ativação, ou seja: para agilizar o processo decisório, o operador busca soluções ocorridas no passado e as adapta para esta nova problemática. Para os operadores, esta forma de decisão é muito utilizada por quem passou por situações parecidas no passado que resultaram satisfatoriamente. Por outro lado, como a maioria das ações baseia-se na experiência do operador (que não está consolidada nas regras de atuação) ele fica vulnerável a cobranças no caso de insucesso. Deve ficar claro que nem todas as ações podem ser transcritas para os procedimentos operacionais, ou seja, é difícil prescrever a natureza e incertezas dos eventos nos sistemas complexos, que são dinâmicos e atípicos. Os operadores afirmam, ainda, que as ações (estratégias) na resolução de um problema, se possível, devem ser feitas por etapas, ou seja, aguardar o resultado de uma ação (efeitos), para então, analisar e/ou proceder uma nova ação. Assim, eles conseguem antecipar os efeitos de suas manobras sobre o sistema. Por outro lado, em alguns casos, não é possível adotar esse procedimento, pois há situações de alto risco. Em razão disso, o operador intervêm com diversas ações (estratégias) simultâneas. Além disso, a atividade de supervisão do sistema em casos extremos (situação de emergência) é realizado, geralmente, por dois ou mais operadores e, neste caso, o controle passa a ser uma atividade coletiva.

Segundo Keyser <sup>1</sup> apud Jarufe (1999), o ambiente dos operadores é dinâmico, conflitivo e muitas vezes sujeito a riscos elevados. Para os operadores que participaram da presente pesquisa, alguns procedimentos descritos desconsideram e/ou desconhecem informações importantes do processo, confirmando a afirmação de que muitas ações não podem ser transcritas. Se, por um lado, o operador segue as regras e procedimentos recomendados, assegurando respaldo técnico na tomada de decisão, por outro lado, quando encontra procedimentos incompletos, obsoletos (desatualizados) e, portanto, sujeito a erros, o operador, normalmente, assume o risco da decisão. Se não fizer, será cobrado pela falta de iniciativa na resolução do problema. Muitas vezes, a imprecisão das informações nos procedimentos faz com que o operador passe a confiar no seu

---

<sup>1</sup> KEYSER, V., De la contingence à la complexité: L'Evolution des idées dans l'étude des processus continus. Le travail Human. [S. L.:s.n.], 1988.

*feeling*, ou seja, no seu conhecimento tácito. Mas, se a decisão não for bem sucedida, ele é cobrado pelo insucesso. Para Pavard <sup>2</sup> apud Jarufe (1999), quando uma situação de decisão toma uma forma diferente do esperado, muitas vezes, o operador não age de maneira correta na resolução do problema.

Para Vergara <sup>3</sup> apud Jarufe (1999), o nível de formação e experiência na atividade é fundamental na tomada de decisão. Corroborando com esta colocação, percebe-se que a experiência está relacionada com o número de eventos atípicos (poucos rotineiros e/ou emergenciais) presenciados pelo operador, evidenciados, principalmente, nos operadores novatos que, a cada novo evento atípico do processo, solicitam apoio técnico aos operadores mais experientes na resolução do problema. Muitas vezes, o operador passa por um longo período no painel de controle sem que ocorra evento atípico, o que, para muitos deles, não é bom. Segundo eles, a rotina operacional no controle de um sistema supervisório pode ser considerada como monótona o que, muitas vezes, leva o operador ao esquecimento de outros procedimentos operacionais, poucos rotineiros, mas com alto valor decisório. Neste caso, a maioria dos operadores prefere vivenciar e atuar no controle supervisório, em diversas situações diferentes de emergência, mesmo que isso signifique uma sobrecarga mental, emocional, etc. Para eles, vivenciar diferentes eventos atípicos e/ou realizar tarefas pouco rotineiras, garante uma maior confiança na tomada de ação, proporcionando maior conhecimento e segurança na resolução de um novo evento, além de reconhecimento e valorização profissional. Percebe-se a variabilidade da atividade de supervisão do operador, alternada por momentos calmos e períodos conflitivos.

Segundo Person et al. (2001), é comum o operador se preocupar com o processo, especialmente em situação de instabilidade, onde é importante conhecer a dinâmica e característica do processo, visto que a profissão de operador de processo petroquímico é constituída por elementos como a tarefa desenvolvida, a qualificação para o trabalho... e o risco subjacente ao processo produtivo (TITTONI, 1994).

---

<sup>2</sup> PAVARD, B. Quel paradigme utiliser pour etudier les systems complexes?. In: Actes du llème Congrès de L'association Internationale d'Ergonomie, [S:n],1991. Anais...Paris,1991.

<sup>3</sup> VERGARA, W. Simulação cognitiva da tomada de decisão em situações complexas: modelagem do raciocínio humano por meio de casos. Tese de Doutorado. Florianópolis, UFSC:1995.

Segundo os operadores, todo dia se aprende ou se conhece uma ou mais características novas no processo de controle do sistema.

Além disso, as diferentes imagens de uma situação e seus procedimentos para resolvê-los, estão relacionadas com a exigência cognitiva da tarefa, ou seja, nas situações de resolução de problemas, o operador poderá ser exigido a trabalhar com níveis e tipos de conhecimentos cognitivos diferentes. Nesse sentido, conforme o grau de dificuldade da tarefa, ele precisará de um tempo maior para elaborar um plano de ação.

No geral, observa-se um maior número de variáveis no modo de controle em relação ao modo de funcionamento (27 no modo de controle e 14 no modo de funcionamento). Estas variáveis a mais no modo de controle (sendo 10 de controle e 5 de segurança) formam um conjunto importante de informações quanto ao funcionamento, controle e segurança do sistema. A seção 4.1.4. explora este assunto.

Segundo Jarufe (1999), os sistemas automatizados ou complexos são dinâmicos, pois seus parâmetros sofrem freqüentes variações. Com base nessa proposta, percebe-se que as variáveis de controle são as que mais fornecem informações de parâmetros operacionais do sistema, pois “dinamizam” o modelo mental dos operadores em diferentes situações operacionais, já que mudam de *status* em função da situação. Na tela do SDCCD, normalmente, as variáveis de controle são representadas por textos, números, desenhos, setas, etc, que, ao assumirem determinados *status*, auxiliam os operadores no monitoramento do sistema quando:

- o nível do silo estiver alto e/ou baixo;
- o compressor pára e/ou parte;
- a temperatura do trocador sobe e/ou baixa;
- a pressão da linha de transporte pneumático aumenta e/ou baixa, etc.

Por outro lado, as variáveis de funcionamento são estanques e assumem a forma dos equipamentos na tela de operação. Elas compõem o *layout* físico e representam o sistema com um todo.

#### 4.1.2 Análise Descritiva das Respostas dos Sujeitos Engenheiros

Para os sujeitos engenheiros, nem todas as vinte e duas variáveis do modo de funcionamento do sistema, priorizadas conforme a técnica do Design Macroergonômico (Fogliatto e Guimarães, 1999), discriminadas na tabela 8 e figura 10, compõem o modo de controle do sistema, discriminadas na tabela 9 e figura 10. As variáveis apresentam algumas diferenças: existem variáveis e prioridades diferentes que importam para cada um dos modos operacionais sinalizando que os sujeitos engenheiros diferenciam os modos de funcionamento e controle, o que corrobora os estudos de Guimarães (1993), que também identificou tipos e prioridades de variáveis diferentes em função do tipo de sujeito.

**Tabela 8:** Prioridade das Variáveis de Funcionamento do Sujeitos Engenheiros Conforme Peso de Importância pelo Recíproco da Respectiva Posição

<i>Menção</i>	<i>Sujeito 9</i>	<i>Sujeito 10</i>	<i>Sujeito 11</i>	<i>Sujeito 12</i>	<i>Sujeito 13</i>	<i>Somatório</i>	<i>Ordem</i>
Compressor	1.847	0.595	0.100	0.140	1.234	3.916	1
3 silos	0.064	1.657	0.463	0.788	0.548	3.556	2
Nitrogênio	0.260	0.702	0.651	0.368	.0661	2.591	3
D-20502		0.059	1	1		2.059	4
Linha de transporte	0.073	0.305	0.200	0.198	0.584	1.360	5
Rotativa	0.038	0.027	0.545	0.450	.0231	1.291	6
Filtro	0.624	0.330	0.077	0.190	0.062	1.283	7
Trocador	0.173	0.349	0.306	0.087	0.040	0.954	8
Filtro silo		0.463	0.144	0.230		0.837	9
2 vasos	0.082	0.028		0.333	0.327	0.770	10
Pressão	0.619					0.619	11
Temperatura compressor	0.447	0.016				0.463	12
Ejetor	0.034		0.371			0.405	13
Diversora	0.058	0.072	0.120	0.100	0.052	0.402	14
Reposição de nitrogênio	0.023	0.018		0.037	0.038	0.116	15
Nível silo			0.047		0.055	0.103	16
Misturador			0.038			0.038	17
Reciclo	0.025					0.025	18
Pressão baixa		0.017				0.017	19
Pressão alta		0.017				0.017	20
Pressão filtro		0.016				0.016	21
Pressão silo		0.015				0.015	22

Em termos gerais, a quantidade de variáveis verbalizadas no modo de controle (31 variáveis sendo 9 de funcionamento, 13 de controle e 9 de segurança) é maior do que no modo de funcionamento (22 variáveis sendo 14 de funcionamento, 7 de controle e 1 e segurança).

**Tabela 9:** Prioridade das Variáveis de Controle dos Sujeitos Engenheiros Conforme Peso de Importância pelo Recíproco da Respectiva Posição

<b>Mencão</b>	<b>Sujeito 9</b>	<b>Sujeito 10</b>	<b>Sujeito 11</b>	<b>Sujeito 12</b>	<b>Sujeito 13</b>	<b>Somatório</b>	<b>Ordem</b>
Temperatura compressor	1,611			0,083		1,693	1
Nível baixo silo			1		0,5	1,500	2
Nível silo	0,045		0,20	0,108	1	1,353	3
Diversora	0,349	0,5		0,25	0,20	1,199	4
2 vasos	0,183			1		1,183	5
Válvula controle		1				1,000	6
Pressão compressor	0,788			0,191		0,979	7
Pressão filtro		0,25		0,143	0,333	0,726	8
Cor			0,177	0,20	0,14	0,517	9
Peso		0,500				0,500	10
Rotativa				0,500		0,500	11
Pressão silo	0,043	0,270		0,110		0,423	12
Temperatura		0,20	0,220			0,422	13
Compressor	0,274			0,143		0,417	14
Status rotativa			0,077	0,059	0,25	0,385	15
3 silos	0,05			0,333		0,383	16
Trocador	0,339					0,339	17
Reciclo		0,333				0,333	18
Nível alto silo			0,333			0,333	19
Nitrogênio	0,163			0,160		0,323	20
Velocidade rotativa			0,322			0,322	21
Filtro	0,166			0,120		0,286	22
Pressão		0,26				0,260	23
Pressão linha transporte			0,231			0,231	24
Status	0,031		0,160			0,191	25
Alarmes			0,110	0,071		0,181	26
Dinamização					0,160	0,160	27
Vazão	0,034		0,083			0,117	28
HS	0,100					0,100	29
Barghaf			0,071			0,071	30
Status compressor				0,062		0,062	31
Válvula motorizada	0,062					0,060	32

Uma importante razão para a diferença no elenco das variáveis é que os engenheiros acompanharam todo o projeto de desenvolvimento do *software* do sistema supervisor. A figura 10 mostra, em negrito, as variáveis que são comuns dos modos de funcionamento e controle dos sujeitos engenheiros.

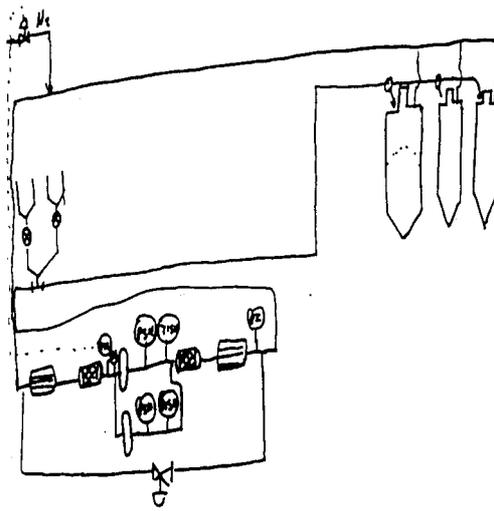
<i>Prioridade</i>	<i>Funcionamento</i>	<i>Variáveis</i>	<i>Controle</i>	<i>Variáveis</i>
1	<b>Compressor</b>	F	Temperatura compressor	C
2	<b>3 silos</b>	F	Nível baixo silo	C
3	<b>Nitrogênio</b>	C	<b>Nível silo</b>	C
4	D-20502	F	<b>Diversora</b>	F
5	Linha de transporte	F	<b>2 vasos</b>	F
6	<b>Rotativa</b>	F	Válvula de controle	C
7	<b>Filtro</b>	F	Pressão compressor	C
8	<b>Trocador</b>	F	Pressão filtro	C
9	Filtro silo	F	Cor	S
10	<b>2 vasos</b>	F	Peso	S
11	<b>Pressão</b>	C	<b>Rotativa</b>	F
12	<b>Temperatura</b>	C	Pressão silo	C
13	Ejetor	F	<b>Temperatura</b>	C
14	<b>Diversora</b>	F	<b>Compressor</b>	C
15	Reposição N2	F	Status rotativa	S
16	<b>Nível silo</b>	C	<b>3 silos</b>	F
17	Misturador	F	<b>Trocador</b>	F
17	<b>Reciclo</b>	F	Reciclo	F
19	Pressão alta	C	Nível alto silo	C
20	Pressão baixa	C	<b>Nitrogênio</b>	C
21	Pressão diferencial	S	Velocidade rotativa	S
22	Pressão silo	C	<b>Filtro</b>	F
23			<b>Pressão</b>	C
24			Pressão linha	C
25			Alarmes	S
26			Dinamização	S
27			Vazão	C
28			HS	S
29			Barghaf	S
30			Status compressor	S
31			<b>Válvula motorizada</b>	F

**Figura 10:** Em negrito as **Variáveis de Funcionamento** semelhantes nos modos de funcionamento e controle dos engenheiros

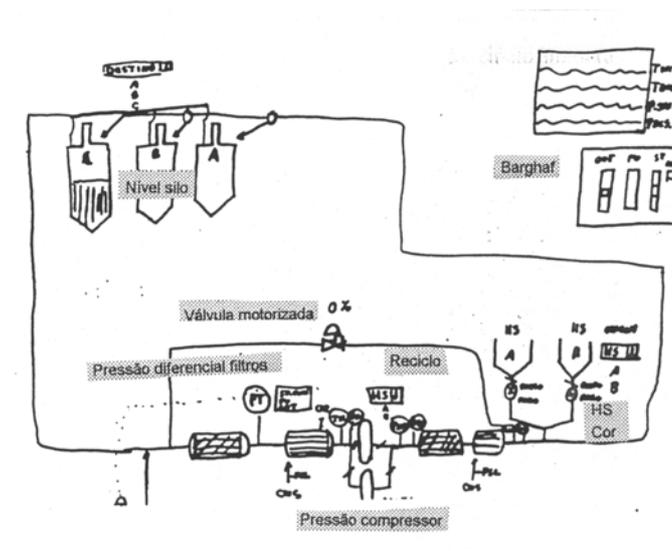
Diferentemente do caso dos operadores, nem todas as variáveis do modo de funcionamento estão contidas no modo de controle dos engenheiros. Enquanto para os operadores 100% das variáveis do modo de funcionamento estão contidas no modo de controle, apenas 39% das variáveis mencionadas pelos engenheiros são semelhantes nos dois modos o que pode caracterizar que os engenheiros distinguem o funcionamento do controle do sistema, ao contrário dos operadores.

A figura 11 (desenho de funcionamento) e a figura 12 (desenho de controle) são exemplos de desenhos característicos dos sujeitos engenheiros. Observa-se um número

maior de detalhes no desenho de controle, evidenciando possíveis diferenças entre os modos de funcionamento e controle.



**Figura 11:** Desenho Característico de Funcionamento do Sujeito Engenheiro



**Figura 12:** Desenho Característico de Controle do Sujeito Engenheiro

### 4.1.3 Análise Comparativa entre os Desenhos de Operadores e Engenheiros

#### Modo de Funcionamento

A figura 13 compara o modo de funcionamento dos sujeitos operadores e engenheiros. Percebe-se que todas as variáveis do modo de funcionamento dos operadores (14 sendo 12 de funcionamento e 2 de controle, em negrito) estão contidas no modo de funcionamento dos engenheiros, o que sinaliza para um modelo operativo de funcionamento semelhante para os dois tipos de sujeitos. No entanto, observa-se um maior número de variáveis mencionadas pelos engenheiros no modo de funcionamento (22, sendo 14 de funcionamento, 7 de controle e 1 de segurança) do que as mencionadas pelos operadores.

Prioridade	Funcionamento dos operadores	Funcionamento dos engenheiros
1	<b>Nitrogênio</b>	<b>Compressor</b>
2	<b>2 vasos</b>	<b>3 silos</b>
3	<b>Compressor</b>	<b>Nitrogênio</b>
4	<b>D-20502</b>	<b>D-20502</b>
5	<b>3 silos</b>	<b>Linha de transporte</b>
6	<b>Linha de transporte</b>	<b>Rotativa</b>
7	<b>Rotativa</b>	<b>Filtro</b>
8	<b>Filtro</b>	<b>Trocador</b>
9	<b>Trocador</b>	<b>Filtro silo</b>
10	<b>Reposição de N2</b>	<b>2 vasos</b>
11	<b>Filtro silo</b>	<b>Pressão</b>
12	<b>Diversora</b>	Temperatura compressor
13	<b>Reciclo</b>	Ejetor
14	<b>Pressão</b>	<b>Diversora</b>
15		<b>Reposição N2</b>
16		Nível silo
17		Misturador
18		<b>Reciclo</b>
19		Pressão alta compressor
20		Pressão baixa compressor
21		Pressão diferencial
22		Pressão silo

**Figura 13:** Variáveis que Compõem o Modelo de Funcionamento dos Sujeitos Operadores e Engenheiros

## Modo de Controle

A figura 14 compara as variáveis do modo de controle dos sujeitos operadores e engenheiros. Foram mencionadas 27 variáveis pelos operadores (sendo 12 de funcionamento, 10 de controle e 5 de segurança) e 31 variáveis pelos engenheiros (sendo 9 de funcionamento, 13 de controle e 9 de segurança).

Percebe-se diferenças entre as variáveis mencionadas pelos sujeitos operadores e engenheiros ou seja, 22 % das variáveis de controle dos operadores **não** estão contidas no modo de controle dos engenheiros, sinalizando possível diferença entre os tipos quanto ao controle do sistema. Os operadores mencionaram, no modo de controle, as variáveis D-20502, linha de transporte, temperatura N2, reposição de N2, filtro silo e temperatura do silo, não mencionado pelos engenheiros.

Neste sentido, a análise descritiva evidencia que os sujeitos operadores e engenheiros assemelham o funcionamento do sistema, mas divergem quanto ao modo de controle. Em relação ao operador, no modo de controle, os engenheiros elencam 30% a mais de variáveis do tipo controle e menos variáveis do tipo funcionamento para comporem a interface do modo de controle, ou seja, ele discrimina entre os modos de controle e funcionamento. Segundo Cazamian <sup>1</sup> apud Guimarães 1993, esta diferença no modo de controle é coerente, porque o engenheiro e o operador visam lógicas diferentes na resolução de suas tarefas que também são diferentes. Os engenheiros tem uma visão global do processo diferente da dos operadores que tem uma visão local. No entanto, é difícil afirmar que a imagem mental do operador é só operativa e a do engenheiro não, Sperandio <sup>2</sup> apud Guimarães (1993), pois este último apenas interage de forma diferente com o objeto técnico em consequência de sua formação e de suas funções (GUIMARÃES, 1993). Como já dito anteriormente, as diferentes imagens de uma situação e seus procedimentos para resolvê-los, estão relacionados com a experiência e conhecimento da tarefa.

---

<sup>1</sup> Université de Paris. L'image operative. Actes d'un séminaire P.24. (1-5 juin, 1981).

<sup>2</sup> SPERANDIO, J.C., Tout traitement d'information est opératif. In; Université de Paris 1 L'image operative. Actes d'un séminaire (1-5 juin, 1981).

Prioridade	Controle dos operadores	Controle dos engenheiros
1	Compressor	Temperatura compressor
2	2 vasos	<b>Nível baixo silo</b>
3	<b>D-20502</b>	Nível silo
4	Rotativa	Diversora
5	3 silos	2 vasos
6	Nível silo	<b>Válvula de controle</b>
7	<b>Linha de transporte</b>	Pressão compressor
8	Pressão compressor	Pressão filtro
9	Trocador	<b>Cor</b>
10	Nitrogênio	Peso
11	Diversora	Rotativa
12	Filtro	<b>Pressão silo</b>
13	Pressão silo	<b>Temperatura</b>
14	<b>Temperatura N2</b>	Compressor
15	Temperatura compressor	<b>Status rotativa</b>
16	Pressão linha	3 silos
17	Pressão filtro	Trocador
18	Vazão	<b>Reciclo</b>
19	<b>Reposição N2</b>	<b>Nível alto silo</b>
20	<b>Filtro silo</b>	Nitrogênio
21	Alarmes	<b>Velocidade rotativa</b>
22	Dinamização	Filtro
23	HS	<b>Pressão</b>
24	<b>Temperatura silo</b>	Pressão linha
25	Peso	Alarmes
26	Válvula motorizada	Dinamização
27	Barghaf	Vazão
28		HS
29		Barghaf
30		<b>Status compressor</b>
31		Válvula motorizada

**Figura 14:** Em negrito as Variáveis que diferenciam o Modelo de Controle dos Sujeitos Operadores e Engenheiros

Os sujeitos engenheiros elencam um maior número de variáveis no modo de controle (31 ao invés de 27) mas 9 destas 31 variáveis são do tipo segurança do sistema. Pode-se depreender que a tela de operação do engenheiro é mais sobrecarregada em relação ao operador devido, principalmente, às variáveis de segurança que mantêm o processo estável.

#### 4.1.4 Variáveis de Segurança

A ergonomia interessa-se pela saúde no trabalho, mas também pelo funcionamento dos sistemas e, essencialmente, por sua segurança (WISNER, 1994).

Segundo os sujeitos operadores e engenheiros, algumas variáveis, além de controlar o sistema, assumem, também, a função de SEGURANÇA, auxiliando os sujeitos na prevenção do sistema a fim de manter a estabilidade do processo. Elas avisam e/ou alertam os sujeitos quando o processo tende a sair da normalidade operacional por meio de avisos piscantes, sons, cores, intertravamentos, alarmes etc. Geralmente, elas são representadas na forma de retângulos, desenhos, avisos, textos, números, etc.

A figura 15 mostra uma representação de segurança na tela operacional de um sistema supervisão, referente a variável compressor. Quando acionado o compressor, o botão verde fica piscando. Se o compressor pára, o botão vermelho fica piscando.



**Figura 15:** Representação Gráfica da Variável de Segurança do Compressor Referente a Partida e Parada

A fim de conhecer qual dos tipos de sujeitos tem maior e/ou menor preocupação com a segurança e prevenção do sistema, as variáveis de segurança foram identificadas por eles, como mostra a figura 16 e avaliadas as prioridades que elas assumiram conforme as tabelas 7 e 9. Pela figura 16, observa-se que os engenheiros mencionaram 10 variáveis e deram maior prioridade a 8 variáveis. Os operadores mencionaram 5 variáveis de segurança e deram maior prioridade a 2 variáveis.

O resultado demonstra que os engenheiros valorizam muito a segurança e prevenção do sistema. Isto está relacionado com o conhecimento maior dos engenheiros sobre o processo produtivo e o sistema supervisorio (*software*). Além disso, eles tiveram acesso da tecnologia na concepção do sistema. Os engenheiros verbalizaram alguns dispositivos de funcionamento do *software*, tais como: tela própria com todas as variáveis de proteção do compressor (pressão, temperatura, nível, *status* etc.), *trends* - que são os gráficos auxiliares que mostram a tendência de uma ou mais variáveis no processo, *faceplate* - duas ou mais telas menores que podem ser visualizadas com a tela titular, *barghaf* - barra de rolagem com indicativos funcionais do sistema de controle na prevenção de erros e falhas operacionais.

Variáveis de Segurança	Nível de preocupação	
	Engenheiro	Operador
alarmes	menor	maior
dinamização	maior	menor
peso	maior	menor
barghaf	maior	menor
HS	menor	maior
status rotativa	maior	-
status compressor	maior	-
cor	maior	-
veloc. rotativa	maior	-
pressão diferencial	maior	-

**Figura 16:** Variáveis de Segurança dos Sujeitos Operadores e Engenheiros

Normalmente, as melhorias de sistema propostas na OPP, tais como substituição de um dispositivo manual de acionamento de uma válvula para um dispositivo automático, são sugeridas pelos sujeitos engenheiros ao departamento de automação da empresa, objetivando:

- promover a substituição de tarefas manuais para automáticas;
- diminuir os ajustes manuais;
- manter o processo seguro e estável;
- melhorar a tarefa de supervisão;
- minimizar as falhas operacionais.

A preocupação com falhas pode explicar o número maior de variáveis de segurança mencionadas pelos sujeitos engenheiros, tanto nos modos de funcionamento como de controle do sistema de transporte da Bulk 1. Guimarães (2000) comenta que os engenheiros estão a par do potencial de falhas e, portanto, elaboram mecanismos múltiplos e redundantes de segurança que mantêm os sistemas o mais longe possível de erros e acidentes. Além disso, acidentes ocorridos em refinarias, petroquímicas e plataformas são amplamente divulgadas e discutidas entre os engenheiros como forma de prevenção. Isso reforça a preocupação que eles têm com relação à segurança operacional do sistema, especialmente na tarefa de monitorar o painel de controle.

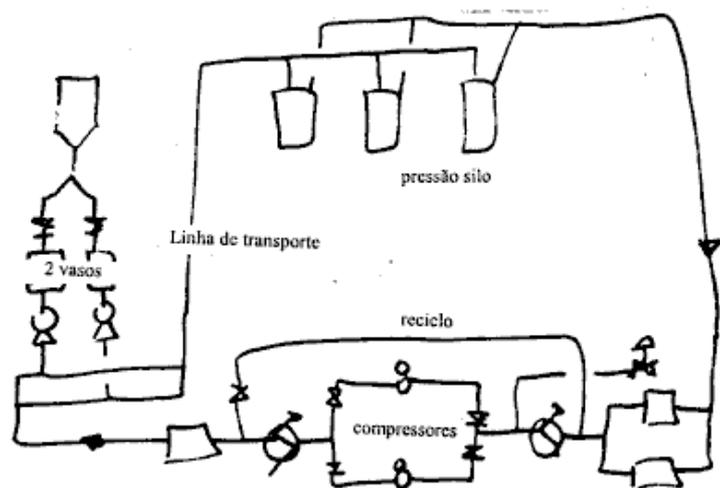
Na OPP, os operadores também fornecem informações importantes ao departamento de automação, tais como: telas poluídas e de difícil navegação, telas com poucas informações, etc. Os operadores, na ânsia de resolução de problemas mais imediatos, têm uma percepção mais de uso do que de prevenção, com vistas a melhorar a sua performance com relação à atividade de controle de um sistema supervisório. No entanto, este tipo de demanda dos operadores está mais ligada à lógica de resolução imediata, usabilidade e utilidade, e não à lógica da prevenção.

Segundo Tittoni (1994), o conhecimento da tecnologia pode ser apontado como um caminho para a busca de maior tranquilidade e segurança para a tarefa do operador. No entanto, a segurança que a tecnologia oferece volta-se, em alguns casos, mais para a segurança do patrimônio (equipamentos, instrumentos, prédios, etc) do que do próprio operador. Além disso, o autor ainda ressalta que a tecnologia protege, porém ela também pode falhar e, o único controle dinâmico que os operadores possuem é adquirido por meio do conhecimento e da experiência na função. Nos processos complexos, o conhecimento e experiência são fundamentais numa tomada de decisão.

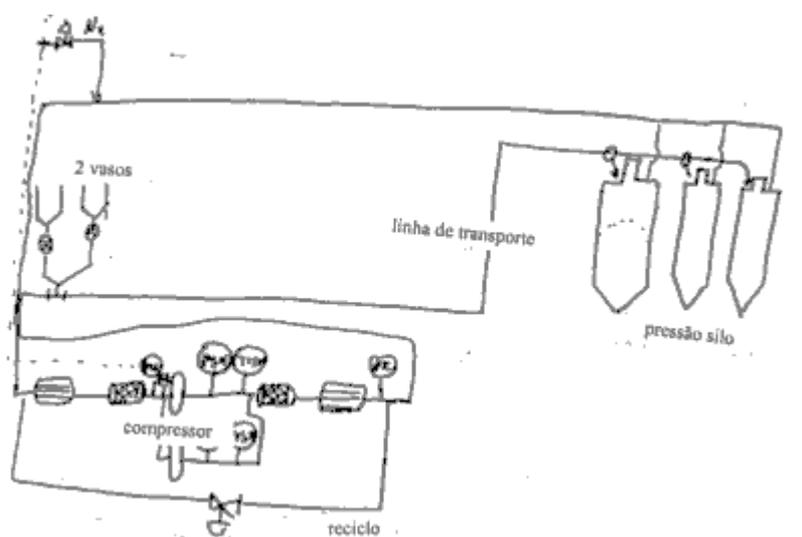
Os problemas são imprevisíveis num processo petroquímico e a experiência é uma fator relevante na resolução desses problemas. Muitas vezes o operador do painel de controle desconfia da indicação da variável na tela do sistema supervisor e, antes de intervir no controle, busca com o operador da área informações confiáveis e reais da variável, ou seja, busca a confiabilidade da informação virtual, comparando-a com a real. Deve ficar claro, porém, que a análise descritiva não considerou a ordem de priorização das variáveis mencionadas pelos sujeitos operadores e engenheiros, apenas evidenciou diferenças entre os modos nas quantidades e nos tipos de variáveis, aventando modelos diferentes de interfaces. Mas, como serão esses modelos de interfaces? Será que a variável compressor, por exemplo, significativa para os sujeitos operadores no modo de funcionamento, tem a mesma importância, ou prioridade, para os sujeitos engenheiros? E, se houver diferenças, elas geram interfaces diferentes, para os diferentes sujeitos? Em vista destas perguntas é interessante conhecer, estatisticamente, se a ordem de importância, ou seja, a priorização das variáveis mencionadas pelos sujeitos irá, ou não, diferenciar os tipos de sujeitos com diferentes propostas de interfaces.

Considerando que os sujeitos engenheiros não operam o sistema continuamente, é possível existir diferenças quanto à priorização de algumas variáveis mencionadas pelos engenheiros com relação às mesmas variáveis mencionadas pelos operadores. Isso, segundo Iida (1990), caracteriza a intensidade de fluxo - efeitos da atividade, onde as variáveis mais usadas são as primeiras a serem mencionadas pelos sujeitos. Em função da frequência da atividade realizada, os operadores possuem uma visão privilegiada aos detalhes dinâmicos e demandas operacionais, não acontecendo o mesmo para os sujeitos engenheiros. Outro indicativo que pode evidenciar diferenças com relação à intensidade de fluxo das variáveis entre os sujeitos é observada nos desenhos de Funcionamento do Operador (figura 17) e de Funcionamento do Engenheiro (figura 18).

Segundo os sujeitos operadores da OPP, é importante visualizar o sistema operacional, entender o fluxo do processo e, a partir daí, formular ações de intervenção no sistema tais como: alteração nos valores das variáveis de processo, partida e/ou parada de equipamentos, etc. Esta lógica prioriza as variáveis de maior frequência de funcionamento e, posteriormente, as variáveis de controle.



**Figura 17:** Exemplo de desenho de Funcionamento do Sujeito Operador



**Figura 18:** Exemplo de desenho de Funcionamento do Sujeito Engenheiro

## 4.2 Análise Estatística das Diferenças Operacionais

A fim de conhecer se existem, ou não, variáveis que mais discriminam entre os grupos de sujeitos, foi aplicada a técnica estatística *Mann-Whitney U*. A técnica relacionou a média da prioridade de todas as variáveis de funcionamento e controle mencionadas pelos sujeitos (sem alterar a ordem de priorização) com as características dos sujeitos: idade, escolaridade e tempo de função. Para verificar a homogeneidade das variáveis de funcionamento e controle, utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson. Desta forma, os resultados que apresentarem  $p < 0,05$ , foram considerados significativos, indicando, assim, a influência das características dos sujeitos operadores e engenheiros na composição final das interfaces.

Com base nestas considerações, o teste estatístico *Mann-Whitney U* evidenciou diferenças significativas apenas nas médias de cinco variáveis dentre 54 variáveis mencionadas pelos sujeitos operadores e engenheiros. A figura 19 mostra apenas o resultado do teste estatístico das 5 variáveis com  $p < 0,05$ . O teste completo está em Anexo 2.

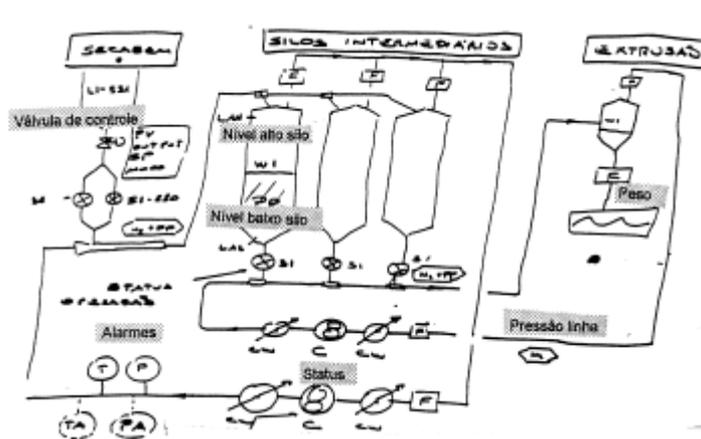
Variáveis	$p < 0,05$	Engenheiros	Operadores
dois vasos	0,022	não é importante	importante
reciclo	0,040	não é importante	importante
pressão silo	0,019	não é importante	importante
compressor	0,019	não é importante	importante
linha de transporte	0,039	não é importante	importante

**Figura 19:** Resultado do Teste estatístico - *Mann - Whitney U*.

Apesar de mencionarem um maior número de variáveis, o teste estatístico (Anexo 2) apontou que as variáveis: **dois vasos**, **reciclo**, **pressão silo**, **compressor** e **linha de transporte** (9,3 % das variáveis mencionadas pelos sujeitos operadores e engenheiros),

inerentes ao processo de transporte pneumático da planta industrial Bulk 1, não são estatisticamente pertinentes à interface dos sujeitos engenheiros.

O resultado estatístico evidencia que existe diferença entre os sujeitos quanto ao projeto de interface. Nota-se que tanto os engenheiros como os operadores desenharam as 5 variáveis que foram discriminadas no teste estatístico. No entanto, na tela dos sujeitos engenheiros, além das variáveis de funcionamento, aparecem também, as variáveis de segurança e prevenção (avisos, alarmes luminosos e/ou sonoros, cores, medidores, etc.) como mostra a figura 20: Desenho Característico de Funcionamento do Sujeito Engenheiro.



**Figura 20:** Desenho Característico de Funcionamento do Sujeito Engenheiro

O teste estatístico evidenciou que operadores e engenheiros têm opiniões diferentes quanto à interface em relação à quantidade, tipo e ordem de prioridade das variáveis do sistema supervísório.

As razões para tal podem ser:

1. Ambos os grupos trazem para a atividade de controle conhecimentos e experiências diferentes;
2. Engenheiros: a) possuem o conhecimento teórico sobre o processo;  
b) acompanharam o processo de desenvolvimento do *software*;  
c) não operam o sistema continuamente.
3. Operadores: a) não possuem a formação acadêmica dos engenheiros;  
b) não possuem a informação sobre o desenvolvimento do *software*;  
c) possuem prioridades quanto as variáveis a serem controladas no sistema em função das necessidades do dia a dia.

Percebe-se que a preocupação do operador é mais funcional e prática para resolução do problema. O engenheiro é mais analista, detalhista e preocupado com a segurança do processo.

Esta constatação vem de encontro com os objetivos do estudo de conceber uma ou mais representações gráficas, minimizando as incertezas operacionais, ou seja, agregando as demandas os próprios usuários do sistema que são os operadores e engenheiros do estudo em foco.

No entanto, as diferentes propostas de interfaces que possam surgir, ou não, pelo método de Guimarães (1993), devem ser concebidas, experimentadas, analisadas e validadas num processo dinâmico de melhoria na tomada de decisão.

Desde já, percebe-se a dificuldade de encontrar um modelo ótimo de interface gráfica que contemple a maioria dos usuários do supervisor. No entanto, com base nos resultados, pode-se afirmar que existem duas propostas diferentes de supervisor entre os sujeitos operadores e engenheiros.

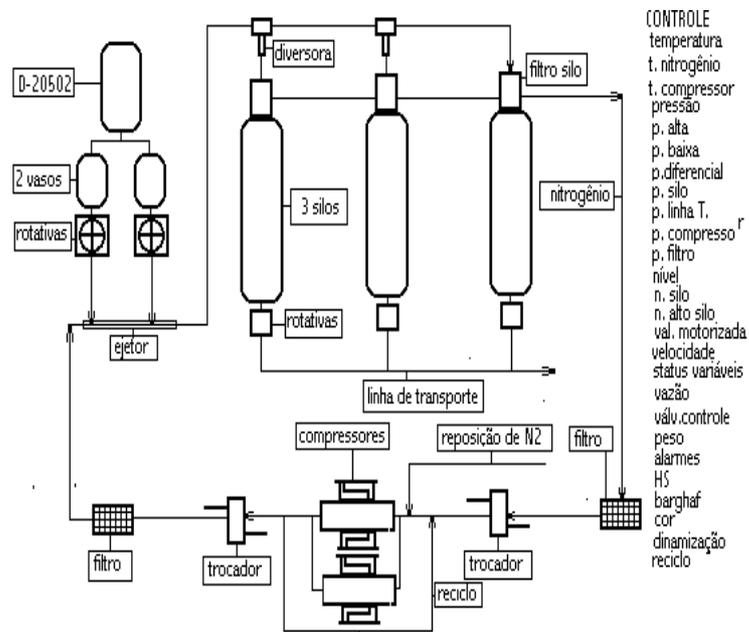
Conforme o resultado do teste estatístico, a figura 21 mostra as variáveis que devem compor o *layout* físico funcional de cada tipo de sujeito. São 14 variáveis de funcionamento dos sujeitos operadores contra 10 variáveis de funcionamento dos sujeitos engenheiros.

<i>item</i>	<i>Operador</i>	<i>Engenheiro</i>
1	ejetor	ejetor
2	2 vasos	-
3	Compressor	-
4	D-20502	D -20502
5	3 silos	3 silos
6	Linha de transporte	-
7	Rotativa	rotativa
8	Filtro	filtro
9	Trocador	trocador
10	Reposição de N2	reposição de N2
11	Filtro silo	filtro silo
12	Diversora	diversora
13	Reciclo	-
14	misturador	misturador

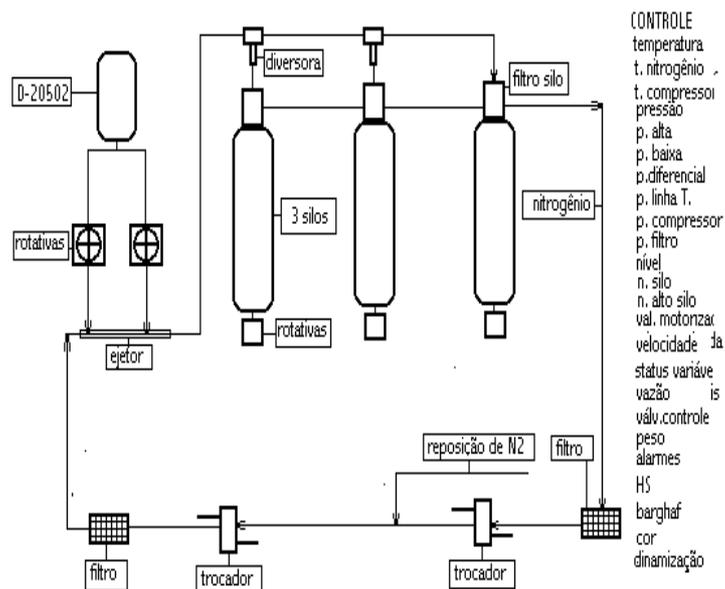
**Figura 21:** Variáveis que Devem Compor o Leiaute dos Operadores e o *Layout* dos Engenheiros

Com o propósito de conhecer qual das interfaces gráfica tem a preferência dos sujeitos foram esboçadas as duas propostas de leiautes, cujos **desenhos** são semelhantes àqueles realizados na verbalização porque possuem uma compatibilidade e uma coerência com o arranjo físico da área.

A figura 22: mostra o esboço dos sujeitos operadores com 14 variáveis e a figura 23: mostra o esboço dos sujeitos engenheiros com 10 variáveis.



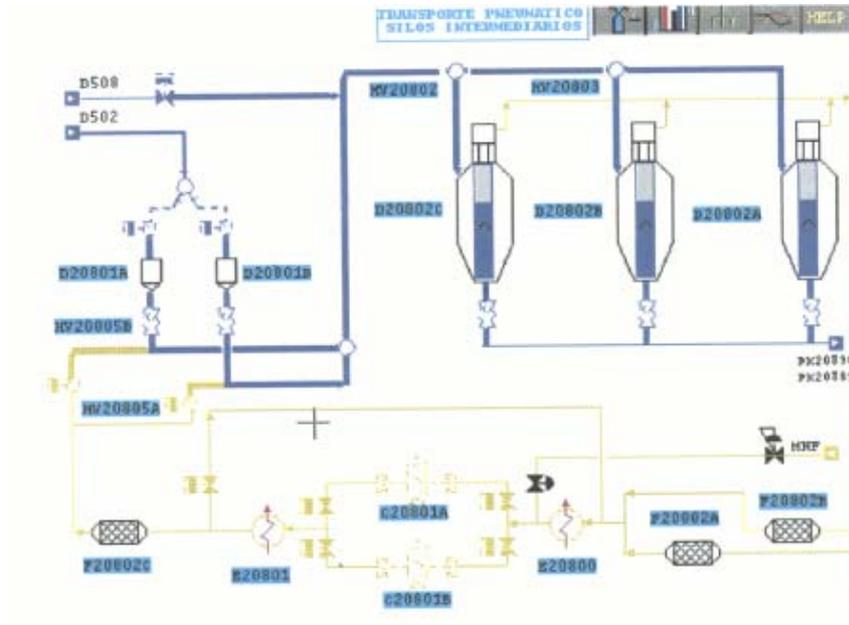
**Figura 22:** Esboço do *Layout* dos Sujeitos Operadores



**Figura 23:** Esboço do *Layout* dos Sujeitos Engenheiros

O método do Desenho Comentado identificou e priorizou as variáveis mencionadas pelos sujeitos operadores e engenheiros e, por meio estatístico, propiciou duas interfaces diferentes, sinalizando diferenças operacionais entre os sujeitos quanto à composição do leiaute.

A abordagem participativa permitiu que os sujeitos da pesquisa elessem o desenho para configurar o supervisório da empresa. Os sujeitos discutiram a respeito das duas propostas, individualmente de forma subjetiva, e, depois, coletivamente. Os engenheiros estranharam o resultado do teste, pois entendem que as variáveis excluídas são importantes para o funcionamento do sistema. Foi explicado que a estatística utilizada avalia a opinião dos grupo, sendo que apenas os itens mais pertinentes aparecem como significativos. É uma avaliação matemática para facilitar a compreensão dos dados. Ao final, todos concluíram que a melhor interface gráfica, por ser a mais completa, é a interface da figura 22, dos Sujeitos Operadores, composta das variáveis: dois vasos, três silos, linha de transporte, filtros, trocadores, compressores, linhas de transporte, reciclo, rotativas, filtro silo e diversora que deve ser desenhada e experimentada. A figura 24 mostra a tela de controle escolhida, desenhada no computador pelo projetista da equipe de automação. Ela utiliza elementos gráficos tradicionais da OPP, com representações por retângulos, linhas, etc. Posteriormente, foram feitas algumas melhorias para otimizar a representação gráfica da interface.



**Figura 24:** Leiaute Computadorizado da Tela de Controle com Base na Interface dos Sujeitos Operadores

A variável cor (elemento gráfico saliente) não foi estudada no presente estudo, mas merece ser revista em caso de continuidade futura desse trabalho.

### 4.3 Melhoria da Interface Eleita pelos Sujeitos Operadores e Engenheiros

Um fator importante na aceitação de uma interface é sua interação homem-máquina.

Posto que, a interface já é conhecida (leiaute dos operadores), foram feitas duas perguntas aos usuários, a fim de auxiliar na melhoria da interface eleita.

a) É importante que a representação gráfica lembre a área real?

b) Você prefere uma tela com mais informações e não precisar navegar (ir de uma tela para outra) ou você prefere poucas informações em uma tela e navegar para outras?

Na figura 25, são apresentadas as respostas da pergunta A dos sujeitos da pesquisa.

É importante que a representação gráfica lembre a área real?

Sujeitos	Sim	Não	Tipo
1	X		OP
2		X	OP
3	X		OP
4	X		OP
5	X		OP
6		X	OP
7	X		OP
8	X		OP
9	X		EP
10	X		EP
11	X		OE
12	X		EP
13	X		OE

**Figura 25:** Respostas da Pergunta A - É importante que a representação gráfica lembre a área real?

Percebe-se uma tendência de que o supervisor seja o mais semelhante à realidade da área, corroborando os achados de Guimarães (1993) no estudo do Sistema da Torre de Resfriamento de Água da REFAP, em Canoas - RS. A autora conclui que uma



A preferência dos sujeitos pelos desenhos das variáveis conforme representadas nos fluxogramas faz sentido, pois estão familiarizados com a operação do sistema de outras unidades com os grafismos existentes e, portanto, conhecidos por eles. Uma mudança no grafismo poderia desencadear um processo de re-aprendizagem da configuração podendo gerar alguns problemas de usabilidade, tais como: perda de tempo para identificação das variáveis, indecisão e dúvida se realmente esta variável representa tal elemento, etc.

Guimarães (1993) também identificou uma preferência pelo grafismo da tela convencional, apesar de ressaltar a importância de representar a área.

Tendo em vista os resultados, apesar dos grafismos não serem um retrato real dos equipamentos da área para representar as variáveis do *layout*, estes são os mesmos que estão sendo utilizados nos outros sistemas vigentes da empresa, desenhados pela Fischer-Rosemount (fabricante).

Conforme o resultado da pergunta B, a preferência dos sujeitos são telas com muitas informações sobre o sistema operacional mas, ao mesmo tempo, há uma certa preocupação com a visibilidade do sistema, ou seja, querem pouca poluição visual.

A figura 28 mostra o resultado da pergunta B:

Você prefere uma tela com mais informações e não precisar navegar (ir de uma tela para outra) ou você prefere poucas informações em uma tela e navegar para outras?

	não navega	SUJEITO 1	Todas as informações possíveis não precisando passar de uma tela para outra, mas prefere passar de uma tela para outra caso a tela esteja bastante poluída.
	não navega	SUJEITO 2	Navegar perde tempo. Prefere telas com maior número de informações.
Navega		SUJEITO 3	Aquilo que é suficiente para operar o processo. O importante é ter todas as informações mesmo que tenhamos que separar em mais telas.
Navega		SUJEITO 4	Maior número de informações, desde que não seja poluída.
	não navega	SUJEITO 5	O navegar é um pouco trabalhoso, mas não devemos carregar as telas. O bom é conciliar, menos poluídas.
	não navega	SUJEITO 6	Pouca informação e menos poluída.
Navega		SUJEITO 7	A princípio mais informações, desde que não polua a tela e que não atrapalhe a visualização.
	não navega	SUJEITO 8	Mais informação é melhor porque não se perde tempo e é mais fácil de visualizar.
Navega		SUJEITO 9	É melhor trocar telas e ter telas mais limpas com informações necessárias preservando a segurança do sistema.
	não navega	SUJEITO 10	Menos tela e mais informações, ou uma única tela garantindo o domínio e segurança operacional.
	não navega	SUJEITO 11	Depende da complexidade da área. Cada área tem sua demanda de informações. Se for necessário ter informações, as telas devem ter todas as informações.
	não navega	SUJEITO 12	É difícil de responder, depende do número de equipamentos e instrumentação. Deve haver um balanço, vai muito pelo bom senso.
	não navega	SUJEITO 13	Uma tela com o maior número de informações. Apesar de ser cansativa, é rápida e segura.

**Figura 28:** Respostas da Pergunta B. Você prefere uma tela com mais informações e não precisar navegar (ir de uma tela para outra) ou você prefere poucas informações em uma tela e navegar para outras?

Percebe-se que os sujeitos divergem quanto à navegabilidade, sendo que a maioria prefere não navegar (9 em 13). O fato da maioria não querer navegar, pode estar relacionada à perda de tempo que isto pode conferir num momento crítico no controle do sistema. Neste sentido, a maioria dos sujeitos engenheiros prefere uma única tela com todas as informações essenciais, funcionais e de segurança do sistema. Para eles, a tela deve ter muitas informações de segurança tornando a tela mais densa. No estudo de Guimarães (1993) os sujeitos engenheiros também preferem uma única tela para não navegar, mas ao mesmo tempo preferem uma tela com menos informações a dos operadores. Esta diferença pode estar no fato de que, na pesquisa de Guimarães (1993), o sistema restringia-se ao controle de uma torre de resfriamento de água de processo

sendo, talvez, um sistema mais simples e, portanto, exigindo menos elementos de segurança do que o transporte pneumático da Bulk 1

Em razão da dicotomia entre necessidade de muita informação (objetivando resguardar a segurança do sistema) e reduzir a navegação, e a preferência por pouca poluição visual, este estudo resultou numa proposta gráfica de melhoria da organização dos elementos da interface computadorizada da figura 24. Esta é a versão dos operadores com todas as informações em uma única tela (sem navegação), visando melhorar a visibilidade sem prejuízo da informação.

Com relação à organização espacial, tipológicas das informações na tela, buscou-se melhorar as condições da interface homem-máquina, utilizando alguns critérios ergonômicos, principalmente, os sub-critérios *agrupamento/distinção de itens, localização, formato e legibilidade* que se referem à organização visual das variáveis, posicionamento e características gráficas (formato, tamanho, espaçamento, cruzamento, etc.), vistos no item 2.1.4. Quanto ao desenho das variáveis, existem várias recomendações. Segundo Cybis (2003), deve-se:

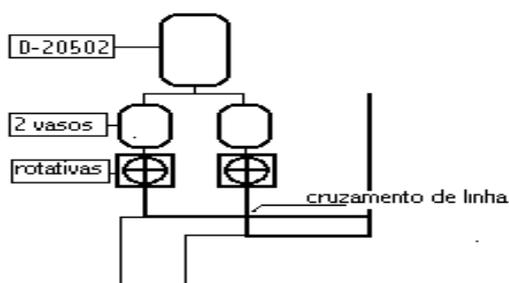
- desenhar com ícones simples, com poucos elementos, mas com apelo visual;
- ampliar os elementos significativos dos ícones (que os distinguem);
- evitar grossos contornos;
- usar poucas cores;
- desenhar ícones consistentes em seu conjunto;
- respeitar a escala dos outros elementos (tamanho).

A fim de facilitar a tarefa de supervisão do SDCCD, alguns detalhes no desenho da figura 24 (layout computadorizado) foram melhorados, tais como:

**Cruzamento e/ou espaçamento de linhas de transporte das variáveis:** constatou-se cruzamento entre algumas linhas de transporte. A presença de linhas cruzadas deve ser evitada, pois pode confundir o operador no acompanhamento visual. Em sistemas complexos, deve-se facilitar a visualização das variáveis (IIDA, 1997). As linhas longas exigem maior espaçamento entre elas, pois o olho tem dificuldade para acompanhar

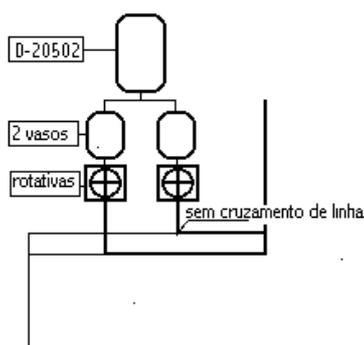
uma linha do início ao término, podendo embaralhá-la com outra. (DUL e WEERDMEESTER, 1995). Segundo Levacov<sup>1</sup>, linhas que se cruzam: se forem de cores diferentes não tem problema.

A figura 29 mostra o cruzamento da linha de transporte que deve ser evitada. Ela inicia nas rotativas e segue para os silos.



**Figura 29:** Cruzamento da Linha de Transporte que deve ser evitada afim de melhorar a organização gráfica

A figura 30 mostra a correção de melhoria, onde se evitou cruzar a linha de transporte (mais grossa). A linha fina refere-se a variável de nitrogênio.



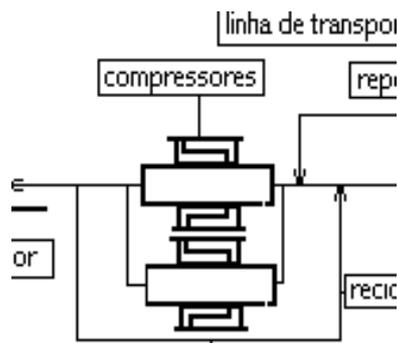
**Figura 30:** Sem cruzamento da linha de transporte

<sup>1</sup> Consulta informal sobre design gráfico. Professora PhD do PPG-COM/UFRGS. Julho, 2003.

**Melhoramento no posicionamento espacial das variáveis:** algumas variáveis de controle e funcionamento estão arrançadas muito próximas umas das outras, podendo confundir o operador na tomada de decisão. Um exemplo clássico, comentado em vários livros, refere-se durante II Guerra Mundial, devido à confusão entre controles do trem de pouso e flaps que gerou mais de 400 acidentes por estarem próximos.

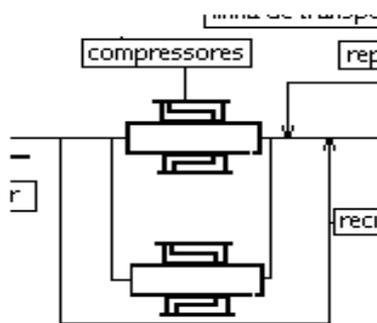
À distância entre os elementos deve ser suficiente para evitar acionamentos acidentais (DUL e WEERDMEESTER, 1995).

Neste sentido, verificou-se que um desenho menor das variáveis otimizaria espaços e, poderia melhorar à visibilidade do sistema. A figura 31 mostra os compressores muito próximos entre si.



**Figura 31:** Variável compressor muito próximo entre si

A figura 32 mostra um redesenho menor das variáveis, distanciando as variáveis compressores.



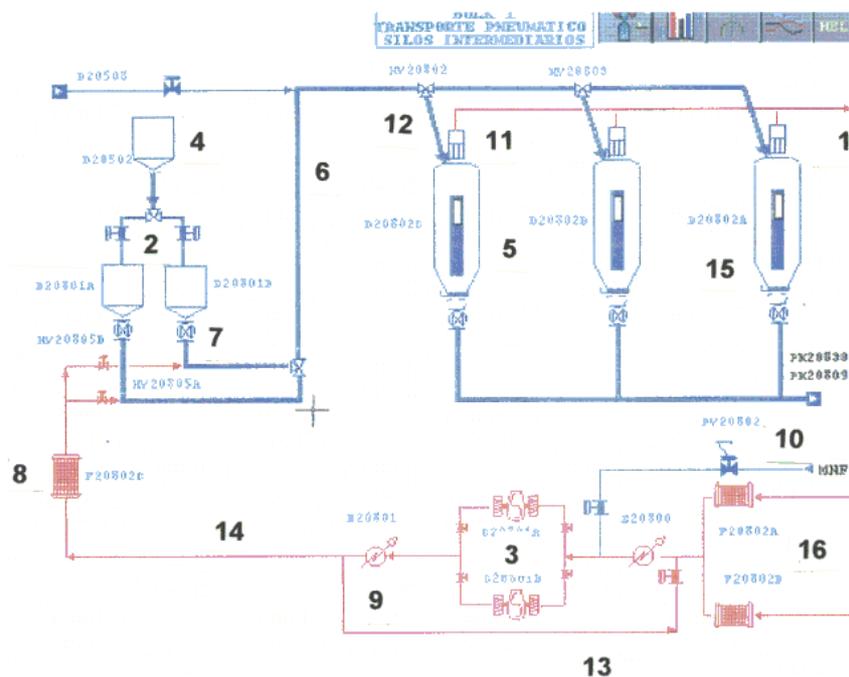
**Figura 32:** Melhoramento de espaço entre os compressores melhorando a visualização

**Mantendo alinhamento e ordenação das variáveis:** o mau alinhamento e ordenação de algumas variáveis podem poluir a tela do sistema. Neste sentido, procurou-se alinhar as variáveis numa mesma linha e/ou coluna (vertical e/ou horizontal).

Devido à dimensão da tela (ser pequena), as variáveis de controle foram adaptadas de maneira mais próxima ao correspondente. Segundo Grandjean (1998) o controle e o respectivo instrumento devem estar o mais próximo possível.

Dessa maneira, a melhor administração espacial dos elementos gráficos, buscou minimizar a densidade de informações sem suprimir nenhuma variável.

Com base nestes critérios de avaliação de interface, foi possível redesenhar a representação gráfica da tela eleita pelos sujeitos. A figura 33 mostra como ficou a tela de controle após melhoria da organização dos elementos gráficos.



**Figura 33:** Redesenho da interface após melhoria dos elementos gráficos

Após as modificações, a tela escolhida pelos sujeitos e desenhada pelo projetista - figura 24 e a tela redesenhada - figura 33, foram disponibilizadas, num curto período de tempo (2 semanas), no SDCD para que todos os sujeitos da pesquisa opinassem a respeito delas. Não foi possível disponibilizar durante um período de tempo maior devido à restrição do sistema, ou seja, falta de suporte do *software*. Além disso, as opiniões dos usuários sobre as propostas, tiveram de ser acompanhadas *in loco* pela equipe da automação. Como os sujeitos da pesquisa não podiam sair do painel de controle enquanto controlavam o processo, eles verbalizaram, durante a operação, sobre as propostas de telas disponíveis no monitor do SDCD, mas não habilitadas.

A interface com a melhoria organizacional dos elementos gráficos foi a que obteve mais aceitação pela maioria dos sujeitos, pelo fato de conter todas as informações sem prejuízo à visibilidade. Eles enfatizaram que a interface da figura 33 possui uma maior clareza do sistema de controle pois, visualmente, o sistema ficou compreensível, seguro

e de fácil entendimento, facilitando a tarefa e atividade de supervisão. A proporção menor das variáveis (tamanho dos elementos e espaçamento) e a ordenação (alinhamento) foram importantes nesse processo de melhoria organizacional/espacial. O fato de diminuir o tamanho das variáveis agradou a todos os sujeitos da pesquisa que puderam visualizar melhor as representações gráficas do sistema.

Esse produto de melhoria organizacional da tela foi bastante elogiado pelos usuários do sistema e pela equipe da automação e já está em vigor, no supervisão da empresa.

Apesar do método de *Desenho Comentado e melhoria do layout*, terem permitido desenvolver um modelo gráfico de interface que contempla a maioria dos usuários dos sistema, da OPP Química S.A., não foi possível avaliar o desempenho dos usuários durante a operação com a interface proposta, devido a limitação do *software* e tempo necessário para análise. Espera-se, para um outro momento, que haja a continuidade deste trabalho.

No próximo capítulo são apresentadas a conclusão deste trabalho e algumas recomendações para trabalhos futuros.

## 5. Conclusão

Este estudo utilizou uma técnica participativa de projeto de interface (Desenho Comentado de Guimarães, 1993) que permitiu gerar e avaliar diferentes propostas de tela para um mesmo sistema, tendo apontado diferenças entre as demandas dos sujeitos operador e engenheiro para configuração da interface de controle de um Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD) de transporte pneumático de esferas de uma Petroquímica. Basicamente, os operadores e engenheiros entendem o funcionamento do sistema de forma semelhante mas divergem na forma de conceber uma tela para o controle do mesmo sistema. Os sujeitos engenheiros foram mais detalhistas ao verbalizarem mais variáveis nos dois modos de operação (funcionamento e controle) do sistema, se comparados com os operadores. Este fato pode estar associado com a preocupação dos engenheiros com a **segurança** do sistema, visto que muitas variáveis mencionadas pelos engenheiros objetivam minimizar, prevenir e/ou detectar falhas operacionais. Esta tendência foi reforçada pelos depoimentos dos engenheiros que, nas entrevistas, comentaram preferir um maior número de tarefas automatizadas, como medida para minimizar problemas por falhas humanas. Pode-se deduzir daí, que, para eles, a automatização do processo resulta em maior confiabilidade e estabilidade no controle decisório de um sistema complexo. Isto evidencia que os sujeitos engenheiros primam pela segurança operacional do processo inserindo, à medida que possível, um novo dispositivo de software objetivando melhorar a segurança e estabilidade do sistema.

Por outro lado, mesmo sem avaliar o desempenho dos usuários, o maior número de variáveis de segurança poderá interferir na performance do operador pois, ao contrário dos engenheiros, os resultados evidenciaram que operadores preferem uma tela limpa (despoluída), ou seja, apenas com informações essenciais para o controle do sistema e, portanto, a colocação de variáveis de prevenção (variáveis de segurança) em demasia poderá poluir a tela idealizada pelos operadores.

Com base nos resultados, percebe-se que os sujeitos engenheiros têm acesso à evolução tecnológica de *hardware* e *software* do sistema e, na medida do possível, procuram transferir este conhecimento para o sistema, a fim de minimizar e prevenir possíveis problemas, detectados, geralmente, pelos operadores. Pode-se concluir que os operadores têm uma visão local (operacional) do sistema supervisor e os engenheiros

têm uma visão global (gerencial) do sistema supervisorio. Isto foi evidenciado nas verbalizações dos sujeitos sobre o processo em foco, onde:

- os sujeitos engenheiros tendem a ser mais funcionais (lógica da funcionalidade), enquanto os sujeitos operadores visam a lógica da usabilidade e utilidade do sistema;
- a prioridade das variáveis está relacionada com a importância de fluxo das atividades e nas diferenças cognitivas dos sujeitos, ou seja, na prática que eles possuem com a operação do sistema.

Verificou-se que muitas resoluções tomadas corretamente num controle supervisorio resultam da experiência dos sujeitos que já haviam experimentado uma ou mais vezes o mesmo incidente. Neste caso, recomenda-se disseminar essas experiências e/ou conhecimentos tácitos para os outros sujeitos que não as vivenciaram, a fim de padronizar, com segurança, os procedimentos na resolução dos problemas. A transformação do conhecimento individual para o coletivo não é trivial, devendo ser mais detalhadamente estudada. Convencionalmente, ela pode ocorrer por meio de seminários, registros, simulações, treinamentos, relato de caso, etc.

As diferenças entre os tipos de sujeitos geraram duas propostas distintas de interface, caracterizando diferenças no layout gráfico da tela. As duas interfaces foram colocadas no monitor do SDCD para apreciação informal, discussão e escolha da melhor interface gráfica. Os sujeitos operadores e engenheiros optaram pela interface característica dos sujeitos operadores, por ser a mais completa e semelhante à área. A pesquisa evidenciou que a maioria dos sujeitos prefere que a interface gráfica assemelhe-se à imagem real da área, com informações essenciais de controle e baixas navegabilidade em situação de risco, confirmando os achados de Guimarães (1993).

Com a aplicação de alguns critérios e subcritérios ergonômicos: *agrupamento /distinção de itens, localização e formato*, foram feitas melhorias na tela que foi colocada em funcionamento na OPP Petroquímica evidenciando, portanto, a importância da ergonomia na concepção de interface.

A contribuição da ergonomia poderia ter sido ainda maior se fosse projetada e testada uma interface que agregasse as demandas dos dois tipos de sujeitos: o projeto de uma interface que contemple a maioria dos sujeitos deve considerar o tempo de operação dos

usuários com o painel de controle e, também, a formação cognitiva de cada um com o sistema. As diferenças operacionais entre operadores e engenheiros poderiam ser minimizadas, mesclando o conhecimento teórico dos sujeitos engenheiros com o conhecimento tácito dos sujeitos operadores, fazendo com que as experiências dos dois tipos de sujeitos possam gerar uma interface mais fácil de operar mas, ao mesmo tempo, com mais dispositivos para garantir a segurança da operação do sistema.

O método do Desenho Comentado pode ser aplicado em outros domínios, tais como: no desenvolvimento de *sites* na *web* (*dreamwear, flash e fireworks*), arquitetura (*arqui 3D, autocad 2D e 3D*), design gráfico (*pagemaker e photoshop*), *software* corporativos (*intranet*), etc.

A seguir, são apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros visando dar continuidade ao estudo de interfaces:

- estudo de uma interface que contemple os conhecimentos tácito e teórico dos usuários do sistema;
- aprimoramento dos estudos de tipos de grafismo que melhor se adaptem aos usuários, objetivando segurança e produtividade operacional;
- experimentação das propostas de diferentes interfaces para avaliar o desempenho operacional;
- estudar a carga mental dos usuários: no controle de um sistema supervisorio;
- estudar formas de compartilhar o conhecimento individual com o coletivo;
- comparar tamanhos de telas e resoluções diferentes;
- estudar o efeito das cores, traços, tipo e tamanho e resolução dos elementos gráficos no desempenho dos operadores.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNES, J. A. V.; BOFF, L. H. **A Reengenharia num contexto de mudanças: formulação de arranjos entre inovações tecnológicas e organizacionais.** Porto Alegre: PPGA/UFRGS, 1994. 20p.
- BITENCOURT, R.S.; GUIMARÃES, L B M. **Análise macroergonômica orientada para identificação de problemas relacionados aos projetos de *software* na fase de concepção.** Porto Alegre: 2001.UFRGS/PPGEP/LOOP.
- CYBIS, W. A. **Ergonomia.** PPGEP/UFCS. Florianópolis: 2003. Apostila de aula.
- DEJOURS, C. **A loucura do trabalho: estudo de psicopatologia do trabalho.** São Paulo: Cortez - Oboré, 1987.
- DERTOUZOS, M. **O que será: como o mundo da informação transformará nossas vidas.** São Paulo: Cia das Letras, 1997, p.46.
- DUL, J; WEERDMEESTER. **Ergonomia prática.** São Paulo: 1995. Edgard Blücher.
- ENDLER, A. M.; FLOGLIATO, F,S.; GUIMARÃES, L. B M. **Design macroergonômico de *software*.** UFRGS/PPGEP. Porto Alegre: 2001.
- FISHER-ROSEMOUNT: **Manual de operação:** fabricante do equipamento de SDCD implementado na OPP. São Paulo: 2001.
- GUIMARÃES, L. B. M. **Desenvolvimento de metodologia para design e avaliação de interfaces.** Porto Alegre: CIENTEC/PPGEP/UFRGS, 1993.
- \_\_\_\_\_ Aspectos perceptivos da interação homem-máquina. **Egatea**, Porto Alegre; v.25, n.3, p.27-40, 1997a.
- \_\_\_\_\_ Ergonomia cognitiva. **Egatea**, Porto Alegre; v.25, n.3, p.41-52, 1997b.
- \_\_\_\_\_ **Ergonomia cognitiva.** Porto Alegre: FEENG, 2001.
- GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia.** Porto Alegre: 1998. Bookmann.
- HEEMANN, V. **Avaliação ergonômica de interfaces de bases de dados por meio de checklist.** Florianópolis, 1997. Dissertação de mestrado apresentada ao PPGEP/UFSC.
- IIDA, I. **Ergonomia - projeto e produção.** São Paulo: 1997. Edgard Blücher.
- INTECH , Brasil. **Sistemas scada evoluem, mas exigem mais do usuário.** Ribeirão Preto: 2000. p.8.
- JARUFE, M. **Concepção de sistema de informação de apoio à operação de sistemas complexos: uma abordagem da engenharia do conhecimento.** Florianópolis, 1999. Tese de Doutorado apresentada ao UFSC/PPGEP.
- LAVILLE. **A ergonomia:** São Paulo: EPU, 1979.

LOPES, S M C. **Paradoxos e aspectos psicológicos do uso do computador pelos professores e alunos do curso de Psicologia do Unicentro Newton Paiva - Belo Horizonte - MG.** - Florianópolis, 2001. Dissertação de Mestrado PPGEP/UFSC.

MATIAS, M. **Checklist:** uma ferramenta de suporte à avaliação ergonômica de interfaces. PPGEP/UFSC. Florianópolis: 1995.

MENDES, R.D. **Sistemas especialistas no gerenciamento da informação.** Brasília: IBICT, 1997.

MELLO, A B de. **O computador e o desgaste visual.** A Revista do Usuário do PC. São Paulo CPUPC, ano 2, n.10, p.10-24, 1990.

MORAES, A. **Interação homem-computador:** modelo mental do usuário. In: Congresso Latino Americano e VI Seminário Brasileiro de Ergonomia. ABERGO. Florianópolis. SC. 1999.

MORAES, A de; DRESCH A. *“Human-Computer Interection”* Navegando ou dialogando; engenharia de software, ergonomia, comunicação visual. **Anais** do II Encontro Carioca de Ergonomia - UERJ. RJ. Maio de 1994.

MORAES, A de; MONT'ALVÃO C. **Ergonomia conceitos e aplicações.** Rio de Janeiro: 1998. 2AB série design.

MORAES, A.; PAMPLONA, R. **Interação homem-computador, projeto da interface, ergonomização do diálogo:** compreensibilidade de ícones em programas gráficos. In: Estudos em Design. V. 1, agosto, ano 1. RJ. UNIVERTA, 1993.

MUNDORF, N; DHOLAKIA R. R.; DHOLAKIA N. **Novos serviços de informação:** um quadro de referência estratégico. Seminário internacional impacto das tecnologias de informação. Cidade: Brasília, IBICT, 2001.

NIESSEN C.; EYFERTH K. **A model of the air traffic controller's picture.** Department of Psychology, Technical University of Berlin, FS 1, franklinstr.5-7,FS 1, D-10587 Berlin, march of 2001.

OPP PETROQUÍMICA. **Noções básicas de operação SDCD:** manual de operação. Revisão 1. Triunfo: 1997.

OPP PETROQUÍMICA. **Automação 1:** treinograma para operação. Revisão 1. Triunfo: 1997.

PERSSON, A.; WANEK B.; JOHANSSON A. **Passive versus active operator work in automated process control:** a job design case study in a control centre. Lund Institute of Technology, Sweden. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>.> Applied Ergonomics. August of 2000. Acessado em:21/01/2001.

PETRO & QUÍMICA; REVISTA. **Características gerais de instrumentos.** São Paulo: 2000. p.65.

PILON, M. T. R. A indústria da informação no Brasil - reflexões. **Revista Baiana de Tecnologia**, p.92, set/dez 1999.

PIMENTA, S.M.; FAUST, R. **Rumo a uma visão ergonômica do desenvolvimento de software**. In: II Congresso Latino Americano e VI Seminário Brasileiro de Ergonomia. Florianópolis: ABERGO, 1993.

RIBEIRO, J. L. D. **Análise de aglomerados**. Porto Alegre: PPGEP/UFRGS, 1999. Apostilas de aula.

RIBEIRO, C. O. S. **Bases pedagógicas e ergonômicas para concepção e avaliação de produtos educacionais informatizados**. Florianópolis, 1998. Tese de Mestrado apresentada ao PPGEP/UFSC.

RUTENFRANZ, J. **Trabalho em turnos e noturnos**. São Paulo: Oboré / FTD, 1989.

SOUZA, C. D. **Hipermídia aplicada ao ensino técnico de nível médio**. Florianópolis, 1998. PPGEP/UFSC.

TITTONI, J. **Subjetividade e trabalho**. Porto Alegre: Ortiz, 1994.

WETHERBE, J C. **Análise de sistemas para sistemas de informação por computador**. Rio de Janeiro. Campus, 1984.

WISNER, A. **Por dentro do trabalho: ergonomia. Método & técnica..** São Paulo: FTD, 1987.

WISNER, A **A inteligência no trabalho: textos selecionados de ergonomia**. São Paulo: Fundacentro, 1994.

## APÊNDICE 1 - VERBALIZAÇÕES DOS SUJEITOS OPERADORES E ENGENHEIROS SOBRE OS MODOS DE FUNCIONAMENTO E CONTROLE

As verbalizações quanto ao funcionamento e controle do sistema de transporte pneumático da planta bulk 1 foram transcritas das filmagens conforme depoimento dos sujeitos.

### **Sujeito 1 - operador**

**Funcionamento:** É realizado com nitrogênio. Temos um vaso de secagem da esfera que se divide em dois que vai alimentar uma rotativa. A esfera cai na linha de transporte pneumático que vai levar até os três silos onde a esfera entra pela parte superior dos silos. Só pode receber um silo por vez. A esfera com nitrogênio sai pelo topo, tem um filtro de manga que recupera é um circuito fechado. Tem um trocador para resfriar o nitrogênio que vem a 70 graus. Passa por um filtro que alimenta os compressores que fazem o transporte pneumático. Na saída temos outro trocador e outro filtro que retêm as partículas de pó e portanto só o nitrogênio que passa. Os compressores têm um sistema de injeção de nitrogênio controlado por uma válvula que repõe o nitrogênio em eventuais perdas do sistema. Após o compressor tem uma linha motorizada para evitar vácuo no compressor (rapidamente o operador repete o que falou). Dos silos a esfera é enviada para outro sistema e controlada por pressão do sistema que pode pressurizar e impedir a retirada das esferas. Simples e importante para o processo

**Controle:** O vaso de secagem cai em dois vasos que alimenta duas rotativas que alimenta a linha de transporte pneumático que leva aos silos. O produto entra no topo e o nitrogênio sai e passa por um filtro de manga. É um circuito fechado, passa por um filtro, passa por um trocador de calor e alimenta dois compressores (o operador diz que um é reserva do outro) vai para outro trocador e retorna para buscar as esferas. Compressor controle de pressão de sucção, se falta temos o sistema de injeção de nitrogênio (o operador diz que é para evitar vácuo) também existe um reciclo motorizado. O cuidado no controle dos níveis dos silos, evita que se trabalhe com pressão muito alta que pode dificultar o carregamento das esferas. A temperatura do gás começa a prejudicar o produto.

## **Sujeito 2 - operador**

**Funcionamento:** Em dois vasos independentes, um opera enquanto o outro é reserva. Temos dois compressores um reserva do outro. Em uma linha de transporte com trocadores e filtros. Os compressores pegam as esferas com nitrogênio que são comprimidos, que são enviados pela linha de transporte até os silos intermediários de até 270 toneladas (três silos) um silo por vez. Na saída tem um sistema de retorno de gás (nitrogênio). As esferas são descarregadas nos silos e o nitrogênio retorna fechando o ciclo de funcionamento (o operador repete o que falou e realça os equipamentos auxiliares).

**Controle:** Em duas etapas distintas, em dois vasos acima do D-20502 acumulador, sistema de rotativas sinalizadas, opera uma opera outra, sistema de transporte pneumático com válvula diversoras para liberar uma ou outra, linhas dinamizadas. Os compressores com todos os equipamentos auxiliares indicadores de pressão diferencial dos filtros e trocadores. Os três silos intermediários e seus derivados, neste caso: filtro manga e respectivas válvulas diversoras para indicar exatamente qual o silo que esta mandando. Indicadores de pressão nas linhas de transporte, alarmes de paradas dos compressores, além disso, válvulas de instrumentação para os três vasos, compressores e auxiliares.

## **Sujeito 3 - operador**

**Funcionamento:** Dois compressores. Temos o nitrogênio que entra na sucção destes compressores a 0,8 a 0,9 Kg, passa por um trocador que reduz a temperatura, passa por um filtro e percorre uma linha de transporte de esferas que passa pelos dois vasos e mais válvulas rotativas. A esfera alimenta os silos intermediários que desvia através de válvulas diversoras e que terão o destino do acabamento. São dois compressores, um é reserva do outro. Unidade muito importante.

**Controle:** Devem constar todas as variáveis do processo (o operador enumera: nível, temperatura, vazão e pressão) com fácil atuação. Boa visualização e simplificada é melhor. Deve ter os dois compressores de forma dinamizada, indicação de pressões. Deve ter uma faixa com alarmes, exemplo: pressão alta ou baixa, válvulas rotativas dinamizadas. Trocadores com pouca informação (o operador diz que a indicação local

está boa). Filtro é importante, diferencial de pressão e saídas de nitrogênio. Indicação de nível nos silos e de pesos nos silos.

#### **Sujeito 4 - operador**

**Funcionamento:** O transporte é feito por um compressor que é suprido através de uma válvula de controle que mantém o volume do gás no sistema fechado. O compressor a descarga sopra o gás até uma tubulação que vai até o fundo de um vaso que recebe as esferas e transporta até os silos e que entram no topo. Tem um filtro manga no topo de cada silos onde as esferas são abatidas e cai para dentro do silo. O gás retorna para a sucção do compressor. Temos um trocador na sucção e descarga para resfriar o gás. Temos um filtro a montante do D-20502 para reter finos e mais dois filtros um na descarga e outro na sucção dos compressores (o operador repete o que falou). E conclui que é assim o funcionamento do sistema.

**Controle:** Mais simplificado possível. Devemos ter um compressor, os três silos com as respectivas tubulações, o vaso de descarga da polimerização e o circuito de gás de transporte do compressor e respectivas válvulas diversoras que devem indicar o silo que está enviando, linha de sucção com indicação de pressão o mesmo para a descarga, indicação de temperatura na sucção e descarga. Nos silos indicação de níveis e temperaturas. Pressão de cada silo. Indicação de temperatura no fundo do silo.

#### **Sujeito 5 - operador**

**Funcionamento:** Dois vasos com duas rotativas. O compressor sopra o nitrogênio numa linha de transporte até os três silos intermediários onde ocorre o arraste do nitrogênio com as esferas. Tem duas válvulas diversoras que seleciona o silo. Teríamos todo o retorno. Aqui teria filtro (o operador aponta o desenho) em cima de cada silo e estes filtros são todos equalizados que fazem um retorno para a sucção do compressor. Neste retorno tem filtros e trocadores como segurança. Embaixo de cada silo tem rotativas e teríamos outro compressor que envia as esferas para o acabamento.

**Controle:** Seria bem o que é o processo. Teria que ter os dois vasos, a linha toda dinamizada para dentro dos silos intermediários sempre mostrando as rotativas embaixo de cada silo. Faria só está parte das linhas junto com as rotativas e a linha de transporte.

A parte dos compressores faria em outra tela, um reserva do outro, os trocadores de calor de descarga, filtro, as HS de partida, toda a instrumentação.

### **Sujeito 6 - operador**

**Funcionamento:** A partir do D-20502 temos os vasos acumuladores e as rotativas A/B. Saída das esferas, um filtro, um trocador, compressores A/B, outro trocador e dois filtros. Aqui tem um reciclo e injeção de nitrogênio. Aqui vai o transporte pneumático e lá os silos A/B/C e aqui o retorno.

**Controle:** Exatamente como desenhei. Tem que ter partida e parada da rotativa e compressores, seleção dos silos e alarmes.

### **Sujeito 7 - operador**

**Funcionamento:** D-20502, diverge para dois vasos, um ou outro é alinhado para uma linha de transporte pneumático até os silos intermediários A/B/C.

**Controle:** Tem que focar um compressor, ele é a parte mais importante. O controle dele de sucção e descarga, ele tem que ter proteção de partida. A gente tem o *by-pass*, ou seja, reposição de nitrogênio, indicação de temperatura sucção e descarga dos compressores e nos trocadores o diferencial de pressão dos silos e filtros, indicação de diferencial de pressão, diversora, rotativas, indicação de pressão dos silos.

### **Sujeito 8 - operador**

**Funcionamento:** As esferas vêm do D-20502 onde é secado e vai para dois vasos pequenos 20801 A/B que vai para as rotativas que vai para uma linha de transporte pneumática até os silos intermediários. O nitrogênio retorna para o compressor passando por dois filtros: F20802 A/B, compressores: 20801 A/B, retornando para o sistema.

**Controle:** Parte do D-20502 vai para os dois vasos, de onde vai para as rotativas: N-20801 A/B que vai para a linha de transporte. A linha de transporte vai para os silos intermediários. O nitrogênio retornando para os filtros passando pelo trocador de calor indo para a sucção do compressor saindo da descarga e indo para outro trocador de calor retornando para a linha de transporte. É mais ou menos isso.

## Sujeito 9 - engenheiro

**Funcionamento:** Consiste num compressor com auxiliar filtros na sucção depois um compressor alternativo com proteção, ou seja, pressão baixa e temperatura baixa de sucção, temperaturas altas. Após o compressor tem um trocador na sucção do compressor. Ao sair tem proteção por pressão alta e temperatura alta na descarga, tem filtros na descarga, não é para proteger o compressor e sim o produto que passa por um trocador de calor para resfriar o nitrogênio. Ele tem mais que um compressor. Os filtros são comuns na descarga. Ele tem proteção de pressão. O gás que vai transportar as esferas que vem de dois vasos, cada um tem válvulas rotativas, entra numa linha comum e este transporte vai basicamente por meio de ejetor que pega o produto e leva por um sistema de armazenamento os silos. Nestes silos tem válvulas que selecionam o silo. Detalhe importante: este gás sai pelo topo e retorna para a sucção dos compressores é um circuito fechado. Repete o circuito de N<sub>2</sub>, frisa sobre as proteções que são as temperaturas e pressões. O operador precisa saber qual o vaso e silo selecionado. Outra coisa importante é durante a partida dos compressores. Tem um reciclo que evita o vácuo e a necessidade de controle da pressão na sucção dos compressores. Existe uma injeção de N<sub>2</sub>. Tem um instrumento que mede a pressão na sucção do sistema que evita o vácuo.

**Controle:** Deve conter o sistema um espaço com valores de temperatura, pressão de sucção e temperatura de descarga ao lado da tela O operador precisa atuar nas seleções dos silos e no *set point* de controle de pressão e sucção dos compressores. Seleção dos dois vasos de dosagem do produto, ou seja, seleção destes vasos. Optar entre os dois vasos, pode ter uma barra de rolagem com HS, opção de escolha. Um controlador que defina a pressão do compressor junto ao controlador e qual a abertura da válvula. Clicar em qualquer um dos controladores abre um campo à direita da tela onde aparecerá um barghaf. Após o trocador passa por um a válvula que poderia ser animada. A válvula sempre vai operar quando parte o sistema, seria bom assistir esta válvula abrindo ou fechando. Interessante ter todas os intertravamentos do compressor. Estariam configurados em alarmes embaixo da tela. São dois compressores, seria interessante uma tela só para os compressores. Controle correto na seleção dos silos com animação

gráfica com preenchimento colorido e com válvulas diversoras. Ao selecionar o silo, as válvulas automaticamente seriam selecionadas. Quanto às cores, respeitar alguns padrões, por exemplo; nitrogênio amarelo, trocador verde, etc. Existem alguns intertravamentos de vazão baixa de água, não entra o outro compressor. HS para seleção do compressor. Também tem algumas válvulas manuais que seriam interessantes visualizar.

### **Sujeito 10 - engenheiro**

**Funcionamento:** Ele é feito através de um sistema fechado com nitrogênio. Vou começar o desenho com os três silos intermediários. Eles têm filtros mangas. O transporte é composto por dois compressores. Na sucção, temos um trocador de calor, a montante tem dois filtros: a função dos filtros é proteger a sucção dos compressores de finos. Cada silo tem rotativas para outro sistema. A função do filtro manga é de reter finos, a função do trocador e reduzir a temperatura do nitrogênio. A jusante dos compressores tem outro trocador. O nitrogênio é comprimido e na descarga do compressor tem outro filtro que retêm limalhas, óleo para não contaminar as esferas que são provenientes do D-20502 passam por dois vasos e abaixo temos as rotativas. Aqui a descarga dos compressores pega as esferas dentro dos silos intermediários. Devem ter válvulas diversoras de modo que se possa escolher o silo. Pressão, temperaturas, compressores, silo, válvulas, rotativas. O nitrogênio retorna, passa por dois filtros para resfriamento que é um circuito fechado. Temos na sucção do compressor uma injeção de nitrogênio. Proteções no compressor : pressão alta/baixa; temperatura alta. Além disso, é importante o diferencial de pressão dos filtros. Basicamente é isso.

**Controle:** Bastante semelhante com o desenho de funcionamento, todas as válvulas de controle. Sistema de reciclo do compressor, diferencial de pressão, indicação de temperaturas, pressões dos compressores e silos. Basicamente é isso.

### **Sujeito 11 - engenheiro**

**Funcionamento:** Transporte pneumático baseado em meio inerte. A partir de um secador, duas válvulas rotativas. Este sistema entra em um ejetor, trabalha com nitrogênio com pressão. Alimenta os silos. Há três silos intermediários. Tem válvulas diversoras. Este nitrogênio passa por filtros que retêm finos e este nitrogênio vai para a

unidade de compressão que vai ser resfriado através de trocadores de calor, passa pelo compressor, trocador, e o nitrogênio volta alimentar a linha de transporte pneumático. Tem fluxo de nitrogênio. Nos silos temos os níveis e abaixo deles as rotativas que alimentam outra unidade de aditivação que possuem todo um sistema que alimentam a área de aditivação, tem um misturador. Em resumo é este o sistema de funcionamento da unidade de transporte pneumático (o engenheiro dividiu o desenho).

**Controle:** Seria uma tela baseada na tela de funcionamento inserida com diversos instrumentos de controle de nível, peso dos silos, velocidade das rotativas, indicação de nível dos silos, posição das válvulas, indicação de status: operando/parada através de cores. São dois compressores A/B, pressão na linha de transporte de forma discreta, alarmes de temperaturas e pressão, vazão se for o caso, status das rotativas para todas elas. Teríamos um barghaf composição do nível. Evidentemente o circuito de nitrogênio identificado com cor.

### **Sujeito 12 - engenheiro**

**Funcionamento:** Temos dois vasos comuns com rotativas e uma linha de transporte. Temos um filtro de secagem de nitrogênio. As esferas são transportadas para os silos intermediários possuem válvulas diversoras que seleciona o silo. No topo temos filtros que separam o pó e a partir dele o gás recuperado volta para o sistema. O nitrogênio recuperado vai para o compressor, antes temos mais um filtro e divide para os dois compressores, tem trocadores de calor mais dois de saída, um para cada compressor e daqui volta para a linha de transporte. Temos também uma válvula de reposição de nitrogênio.

**Controle:** Usaria uma tela parecida, tiraria alguns elementos. Poderíamos ter apenas os dois vasos, os silo intermediários animados, válvulas diversoras dinamizadas, recuperação de nitrogênio para os dois compressores. Não precisaria entrar em muitos detalhes com filtros. No silo temos a pressão é importante a pressão de sucção do compressor, as temperaturas na descarga e na saída dos filtros o diferencial de pressão como alarme. Além de parada dos compressores e rotativas o que está operando, nível do silo.

**Sujeito 13 - engenheiro**

**Funcionamento:** Através de compressores de nitrogênio que fazem o arraste das esferas e transporte para a unidade de silos intermediários. Temos dois vasos embaixo tem uma rotativa que descarrega em uma linha de transporte que transporta para os silos intermediários, temos três silos com capacidade de 250 toneladas. Estes silos têm outro sistema de transporte para a unidade de aditivos. O produto é comprimido por compressores com nitrogênio e soprado com o polímero e arrastado até os silos, passa por filtros e vai acumulando dentro do silo. Atualmente temos o controle de nível do silo. Basicamente é este o sistema. São dois compressores. O gás retorna e passa por um sistema de refrigeração. Temos reposição de nitrogênio para manter a pressão do sistema.

**Controle:** As telas gráficas são um avanço porque facilita para o operador a visualização. Saber o nível do silo é importante, quanto mais fácil facilita ao operador. O desenho tem que ser o mais fiel da área. Se a linha entra na parte de cima do silo o desenho deve ter a mesma representação na tela. Tem que ter níveis dos silos, diferencial de pressão, status rotativa como tem três silos, válvulas diversoras, ter informações gráficas qual o silo que está recebendo, dinamização, cor e tamanho.

## APÊNDICE 2 – TESTE ESTATÍSTICO

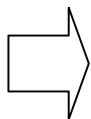
Test Statistics<sup>b</sup>

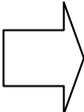
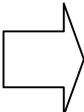
	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)	Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]
Fcompres.	19,000	34,000	-,149	,881	,943 <sup>a</sup>
F3_SILOS	9,500	24,500	-1,556	,120	,127 <sup>a</sup>
FN2	18,500	33,500	-,232	,816	,833 <sup>a</sup>
FD20502	17,000	53,000	-,452	,651	,724 <sup>a</sup>
FLINHA_T	12,000	48,000	-1,196	,232	,284 <sup>a</sup>
Frotativa	16,500	31,500	-,516	,606	,622 <sup>a</sup>
FFILTRO	16,500	31,500	-,516	,606	,622 <sup>a</sup>
Ftrocador	19,000	34,000	-,147	,883	,943 <sup>a</sup>
Ffiltrsilo	17,500	32,500	-,367	,713	,724 <sup>a</sup>
F2_VASOS	4,500	40,500	-2,291	,022	,019 <sup>a</sup>
FPRESSÃO	8,500	44,500	-1,690	,091	,093 <sup>a</sup>
Ftemp compr	13,000	49,000	-1,033	,301	,354 <sup>a</sup>
FEJETOR	18,500	54,500	-,220	,826	,833 <sup>a</sup>
Fdiversora	7,500	22,500	-1,845	,065	,065 <sup>a</sup>
FREP_N2	20,000	56,000	,000	1,000	1,000 <sup>a</sup>
Fnível silo	17,000	53,000	-,440	,660	,724 <sup>a</sup>
Fmisturador	11,500	47,500	-1,249	,212	,222 <sup>a</sup>
FRECICLO	6,000	42,000	-2,055	,040	,045 <sup>a</sup>
FPRESSB	11,000	47,000	-1,325	,185	,222 <sup>a</sup>
FPRESSAL	10,000	46,000	-1,472	,141	,171 <sup>a</sup>
Fpressfil	7,500	43,500	-1,845	,065	,065 <sup>a</sup>
FPRESSS	4,000	40,000	-2,355	,019	,019 <sup>a</sup>
Ctemp comp	17,500	32,500	-,366	,714	,724 <sup>a</sup>
CN.B silo	14,000	29,000	-,883	,377	,435 <sup>a</sup>
Cnível silo	11,500	26,500	-1,256	,209	,222 <sup>a</sup>
Cdiversora	8,000	23,000	-1,764	,078	,093 <sup>a</sup>
C2_VASOS	14,500	50,500	-,812	,417	,435 <sup>a</sup>
Cvál contr	17,500	32,500	-,367	,714	,724 <sup>a</sup>
Cpres. Comp	16,000	52,000	-,588	,557	,622 <sup>a</sup>
Cpres. Filtro	15,000	30,000	-,734	,463	,524 <sup>a</sup>
CCOR	8,000	23,000	-1,769	,077	,093 <sup>a</sup>
CPESO	19,500	34,500	-,073	,941	,943 <sup>a</sup>
Crotativa	10,000	46,000	-1,478	,139	,171 <sup>a</sup>
Cpres silo	16,000	31,000	-,588	,557	,622 <sup>a</sup>
CTEMPE	13,000	28,000	-1,026	,305	,354 <sup>a</sup>
CCOMPRES	4,000	40,000	-2,352	,019	,019 <sup>a</sup>
Cstatusrot	8,000	23,000	-1,766	,077	,093 <sup>a</sup>
C3_SILOS	15,500	51,500	-,661	,509	,524 <sup>a</sup>
Ctrocador	11,500	47,500	-1,249	,212	,222 <sup>a</sup>
CRECICLO	17,500	32,500	-,367	,714	,724 <sup>a</sup>
Cni alt silos	15,000	30,000	-,736	,462	,524 <sup>a</sup>
CN2	18,500	33,500	-,220	,825	,833 <sup>a</sup>
Cvelo rota	15,000	30,000	-,736	,462	,524 <sup>a</sup>
CFILTRO	18,500	54,500	-,222	,825	,833 <sup>a</sup>
CPRESSÃO	17,500	32,500	-,367	,714	,724 <sup>a</sup>
Cpres L T	13,000	49,000	-1,030	,303	,354 <sup>a</sup>
CSTATUS	13,500	49,500	-,958	,338	,354 <sup>a</sup>
CALARMES	11,000	26,000	-1,325	,185	,222 <sup>a</sup>
CDINAMIZ	15,500	51,500	-,663	,507	,524 <sup>a</sup>
CVAZÃO	16,000	31,000	-,589	,556	,622 <sup>a</sup>
CHS	16,500	31,500	-,516	,606	,622 <sup>a</sup>
CBARGHAF	17,000	32,000	-,442	,659	,724 <sup>a</sup>
Csta comp	13,500	28,500	-,958	,338	,354 <sup>a</sup>
Cvál. Motor	17,500	32,500	-,369	,712	,724 <sup>a</sup>
CUM_VASO	9,000	45,000	-1,617	,106	,127 <sup>a</sup>
CL. Transp	6,000	42,000	-2,061	,039	,045 <sup>a</sup>
Ctempe N2	10,000	46,000	-1,472	,141	,171 <sup>a</sup>
CREP_N2	14,000	50,000	-,881	,378	,435 <sup>a</sup>
Cfilt silo	10,500	46,500	-1,400	,161	,174 <sup>a</sup>

## Ranks Ranks

	TIPO	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	TIPO	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	Fcompres. engenheiros	5	6,80	34,00
	operadores	8	7,13	57,00
	Total	13		
	F3_SILOS engenheiros	5	4,90	24,50
	operadores	8	8,31	66,50
	Total	13		
	FN2 engenheiros	5	6,70	33,50
	operadores	8	7,19	57,50
	Total	13		
	FD20502 engenheiros	5	7,60	38,00
	operadores	8	6,63	53,00
	Total	13		
	FLINHA_T engenheiros	5	8,60	43,00
	operadores	8	6,00	48,00
	Total	13		
	Frotativa engenheiros	5	6,30	31,50
	operadores	8	7,44	59,50
	Total	13		
	FFILTRO engenheiros	5	6,30	31,50
	operadores	8	7,44	59,50
	Total	13		
	Ftrocador engenheiros	5	6,80	34,00
	operadores	8	7,13	57,00
	Total	13		
	Ffiltrsilo engenheiros	5	6,50	32,50
	operadores	8	7,31	58,50
	Total	13		
	F2_VASOS engenheiros	5	10,10	50,50
	operadores	8	5,06	40,50
	Total	13		
	FPRESSÃ engenheiros	5	9,30	46,50

Operadores priorizaram +  
(0;022)

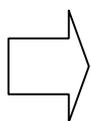


O					
	operadores	8	5,56	44,50	
	Total	13			
	Ftemp engenheiros	5	8,40	42,00	
	compr				
	operadores	8	6,13	49,00	
	Total	13			
	FEJETOR engenheiros	5	7,30	36,50	
	operadores	8	6,81	54,50	
	Total	13			
	Fdiversora engenheiros	5	4,50	22,50	
	operadores	8	8,56	68,50	
	Total	13			
	FREP._N2 engenheiros	5	7,00	35,00	
	operadores	8	7,00	56,00	
	Total	13			
	Fnível silo engenheiros	5	7,60	38,00	
	operadores	8	6,63	53,00	
	Total	13			
	Fmisturador engenheiros	5	8,70	43,50	
	operadores	8	5,94	47,50	
	Total	13			
	FRECICLO engenheiros	5	9,80	49,00	Operadores priorizaram + (0,040)
	operadores	8	5,25	42,00	
	Total	13			
	FPRESSB engenheiros	5	8,80	44,00	
	operadores	8	5,88	47,00	
	Total	13			
	FPRESSAL engenheiros	5	9,00	45,00	
	operadores	8	5,75	46,00	
	Total	13			
	Fpressfil engenheiros	5	9,50	47,50	
	operadores	8	5,44	43,50	
	Total	13			
	FPRESSS engenheiros	5	10,20	51,00	Operadores priorizam + (0,019)
	operadores	8	5,00	40,00	
	Total	13			
	Ctemp engenheiros	5	6,50	32,50	
	comp				

operadores	8	7,31	58,50
Total	13		
CN.B silo engenheiros	5	5,80	29,00
operadores	8	7,75	62,00
Total	13		
Cnível silo engenheiros	5	5,30	26,50
operadores	8	8,06	64,50
Total	13		
Cdiversora engenheiros	5	4,60	23,00
operadores	8	8,50	68,00
Total	13		
C2_VASO engenheiros	5	8,10	40,50
S			
operadores	8	6,31	50,50
Total	13		
Cvál contr engenheiros	5	6,50	32,50
operadores	8	7,31	58,50
Total	13		
Cpres. engenheiros	5	7,80	39,00
Comp			
operadores	8	6,50	52,00
Total	13		
Cpres. engenheiros	5	6,00	30,00
Filtro			
operadores	8	7,63	61,00
Total	13		
CCOR engenheiros	5	4,60	23,00
operadores	8	8,50	68,00
Total	13		
CPESO engenheiros	5	6,90	34,50
operadores	8	7,06	56,50
Total	13		
Crotativa engenheiros	5	9,00	45,00
operadores	8	5,75	46,00
Total	13		
Cpres silo engenheiros	5	6,20	31,00
operadores	8	7,50	60,00
Total	13		
CTEMPE engenheiros	5	5,60	28,00

	operadores	8	7,88	63,00	
	Total	13			
⇒	CCOMPRES engenheiros	5	10,20	51,00	Operadores priorizam + (0,019)
	S				
	operadores	8	5,00	40,00	
	Total	13			
	Cstatusrot engenheiros	5	4,60	23,00	
	operadores	8	8,50	68,00	
	Total	13			
	C3_SILOS engenheiros	5	7,90	39,50	
	operadores	8	6,44	51,50	
	Total	13			
	Ctrocador engenheiros	5	8,70	43,50	
	operadores	8	5,94	47,50	
	Total	13			
	CRECICL engenheiros	5	6,50	32,50	
	O				
	operadores	8	7,31	58,50	
	Total	13			
	Cni alt silos engenheiros	5	6,00	30,00	
	operadores	8	7,63	61,00	
	Total	13			
	CN2 engenheiros	5	6,70	33,50	
	operadores	8	7,19	57,50	
	Total	13			
	Cvelo rota engenheiros	5	6,00	30,00	
	operadores	8	7,63	61,00	
	Total	13			
	CFILTRO engenheiros	5	7,30	36,50	
	operadores	8	6,81	54,50	
	Total	13			
	CPRESSÃ engenheiros	5	6,50	32,50	
	O				
	operadores	8	7,31	58,50	
	Total	13			
	Cpres L T engenheiros	5	8,40	42,00	
	operadores	8	6,13	49,00	
	Total	13			
	CSTATUS engenheiros	5	8,30	41,50	

	operadores	8	6,19	49,50
	Total	13		
CALARME	engenheiros	5	5,20	26,00
S				
	operadores	8	8,13	65,00
	Total	13		
CDINAMI	engenheiros	5	7,90	39,50
Z				
	operadores	8	6,44	51,50
	Total	13		
CVAZÃO	engenheiros	5	6,20	31,00
	operadores	8	7,50	60,00
	Total	13		
CHS	engenheiros	5	6,30	31,50
	operadores	8	7,44	59,50
	Total	13		
CBARGHA	engenheiros	5	6,40	32,00
F				
	operadores	8	7,38	59,00
	Total	13		
Csta comp	engenheiros	5	5,70	28,50
	operadores	8	7,81	62,50
	Total	13		
Cvál. Motor	engenheiros	5	6,50	32,50
	operadores	8	7,31	58,50
	Total	13		
CUM_VAS	engenheiros	5	9,20	46,00
O				
	operadores	8	5,63	45,00
	Total	13		
CL. Transp	engenheiros	5	9,80	49,00
	operadores	8	5,25	42,00
	Total	13		
Ctempe N2	engenheiros	5	9,00	45,00
	operadores	8	5,75	46,00
	Total	13		
CREP._N2	engenheiros	5	8,20	41,00
	operadores	8	6,25	50,00
	Total	13		



Operadores priorizam + (0,39)
----------------------------------

Cfilt silo engenheiros	5	8,90	44,50
operadores	8	5,81	46,50
Total	13		